

النموذجية في

الكيمياء

للصف السادس العلمي الاحيائي

الجزء الاول







إعداد الأستاذ
حبيب الجنابي
07725746075





بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

عزيزي الطالب:

تم وبعون الله اكمال واعداد وطباعة ملزمة الكيمياء - الطبعة الرابعة - (النموذجية في الكيمياء - 2020) للصف السادس العلمي الاحيائي حيث تم جمعها في جزئين ، ويحتوي الجزء الاول على الفصول الاربعة الاولى اما الجزء الثاني فيحتوي على بقية الفصول الاربعة الاخيرة وهي تتميز بالاتي:

1) الملزمة مدعمة بالباركود الخاص بشرح المادة على اليوتيوب للمنهج بالكامل .
2) الملزمة تم طباعتها وتنقيحها بيدي دون الاعتماد على مكاتب الطباعة - كما هو معروف في الكثير من الملازم - وهذا مما يقلل من الاخطاء العلمية الواردة .
3) طبعت الملزمة باستخدام احدث برامج الطباعة (*word*) وبرامج اخرى وبتصميم عالي الدقة واستخدام الالوان المميزة التي تساعد الطالب على التركيز في القراءة وفرز المعلومات .
4) تضمنت الملزمة لحل كافة التمارين والامثلة واسئلة الفصل وبدون استثناء اضافة الى كافة الشرحيات .
5) تحتوي الملزمة على كافة الاسئلة الوزارية من 2013 ولغاية 2019 (الدور الاول) لداخل وخارج القطر ولكافة الادوار
6) يفضل سحب الملزمة بالنسخة الملونة والاصلية لكي تكون عالية الدقة والوضوح .
7) استخدمت الالوان في الملزمة على اساس علمي ، وعلى سبيل المثال :
   - الاسئلة كانت باللون الازرق حصراً .
   - الاجوبة باللون الاسود .
   - ناتج الحل باللون الاسود المضلل باللون الوردي .
   - الارقام الموجودة ضمن الاسئلة باللون الاحمر .
   - الاسئلة الوزارية (السنة والدور) باللون الاخضر .
8) قد تحتوي الملزمة على بعض الاخطاء غير المقصودة (كأخطاء الطباعة او غيرها) ، فأرجو من القارئ الكريم ابلاغي بموضع الخطأ وبأسلوب بناء .

شكر وتقدير

الى ادارة وكادر مطبعة الطابعي وجهودهم المميزة في سحب الملزمة وتسويقها وتوفيرها .

الاهداء

الى امي رحمها الله تعالى ....
الى ابي رحمه الله تعالى ....

اهدي لهما اجر وثواب جهدي المتواضع هذا واجعله صدقة جارية لهما ، وهذا اقل معاني الوفاء . . . . .
والله ولي التوفيق .

مدرس الكيمياء
الاستاذ حبيب الجنابي
2020




1) الكسور العشرية :

أ) الجمع: عند الجمع نساوي عدد المراتب على يمين الفارزة وذلك بوضع الاصفار ثم نجمع جمعاً اعتيادياً .

مثال

$$2.9 + 3.26$$
$$\begin{array}{r} 2.90 \\ +\ 3.26 \\ \hline 6.16 \end{array}$$

$$0.233 + 0.7$$
$$\begin{array}{r} 0.700 \\ +\ 0.233 \\ \hline 0.933 \end{array}$$

ب) الطرح: عند الطرح نساوي عدد المراتب على يمين الفارزة وذلك بوضع الاصفار ثم نطرح طرح اعتيادي .

مثال

$$0.5 - 0.267$$
$$\begin{array}{r} 0.500 \\ -\ 0.267 \\ \hline 0.233 \end{array}$$

$$0.12 - 0.025$$
$$\begin{array}{r} 0.120 \\ -\ 0.025 \\ \hline 0.095 \end{array}$$

جـ) القسمة: عند القسمة نساوي المراتب كذلك على يمين الفارزة ثم نحذف الفوارز .

مثال

$$\frac{4}{0.02} = \frac{400}{2} = 200 \quad , \quad \frac{0.6}{0.03} = \frac{0.60}{0.03} = \frac{60}{3} = 20$$

د) الضرب: عند الضرب نهمل الفوارز اولاً ثم نضرب ضرب اعتيادي ثم نحسب عدد المراتب من اليمين ونضع الفارزة .

مثال

$$0.03 \times 0.2 = 0.006 \quad , \quad 5 \times 0.2 = 1$$

2) الاسس :

عند الضرب تجمع الاسس(فاذا كانت الاشارات متشابهة تجمع الاسس واذا مختلفة تطرح) :

مثال

$$10^{-6} \times 10^{-9} = 10^{-15} \quad ، \quad 10^{4} \times 10^{3} = 10^{7} \quad ، \quad 10^{-24} \times 10^{10} = 10^{-14}$$

وعند القسمة تطرح الاسس :

مثال

$$\frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} \quad ، \quad \frac{10^{12}}{10^{5}} = 10^{7} \quad ، \quad \frac{10^{6}}{10^{-3}} = 10^{9}$$

3) الجذور : من قواعد الجذور هي:

أ) الجذر التربيعي:

1) $\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$ 2) $(\sqrt{x})^2 = x$

بالجذر التربيعي يجب ان يكون الاس زوجياً ، اي يقبل القسمة على العدد 2 .

ب) الجذر التكعيبي:

3) $\sqrt[3]{x} = x^{\frac{1}{3}}$ 4) $(\sqrt[3]{x})^3 = x$

1 – بالجذر التكعيبي يجب ان يقبل الاس القسمة على العدد 3 .

2 – يستخدم الجذر التكعيبي كثيراً في موضوع الذوبانية الفصل 3 .



4) **اللوغارتيمات :** وحسب القواعد الاتية:

اللوغارتيمات الطبيعية ln	اللوغارتيمات العشرية log
$ln1 = 0$ $ln10 = 2.3$ $ln10^n = nln10 = 2.3n$ $lnXY = lnX + lnY$ $ln\frac{X}{Y} = lnX - lnY$ $ln100 = ln10^2 = 2 \times 2.3 = 4.6$ $ln0.01 = ln10^{-2} = -2 \times 2.3 = -4.6$	$log1 = 0$ $log10 = 1$ $log10^n = nlog10 = n$ $logXY = logX + logY$ $log\frac{X}{Y} = logX - logY$ $log100 = log10^2 = 2log10 = 2$ $log0.01 = log10^{-2} = -2log10 = -2$
مقلوب ln	**مقلوب log**
مقلوب ln يحل من معلومة تعطى في السؤال ، مثال: من الحل $lnK_{eq} = 42$ معلومة السؤال هي $ln\,1.7 \times 10^{18} = 42$ $lnK_{eq} = ln\,1.7 \times 10^{18}$ بحذف ln من الطرفين $K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$ ملاحظة// العلاقة التي تربط log مع ln هي : $lnX = 2.3logX$ (تطبق العلاقة كثيراً في الفصل الرابع)	قاعدة عامة: اذا كان $logX = Y$ فان $X = 10^y$ مثال: $PH = -log[H^+]$ $[H^+] = 10^{-PH}$ - - - - - - - - - - - - - - - - 1) اذا كان ناتج log الرقم يساوي عدد صحيح ، فيحل بصورة مباشرة: مثال: $PH = 3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH} = 10^{-3}$ M - - - - - - - - - - - - - - - - 2) اذ كان ناتج log عدد كسري ، فيضاف ∓ العدد التالي للعدد الصحيح في الكسر: مثال: $PH = 2.3$ $[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-2.3} = 10^{-2.3+3-3}$ $[H^+] = 10^{0.7} \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3}$ M علماً في السؤال يعطى معلومة $log5 = 0.7$

بعض القوانين المهمة في الكتاب:

1) حساب الكتلة المولية M : M = مجموع الكتل الذرية للعناصر × عدد الذرات في المركب (او تعطى معلومة في السؤال)

2) حساب عدد المولات (n) : $n = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})}$ (حيث m الكتلة)

3) حساب التركيز المولاري (M) : $M = \frac{n(mol)}{v(L)}$ (الحجم يجب ان يكون باللتر) $1L = 1000ml$

وبربط القانونين معاً ينتج : $M = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} \times \frac{1}{V(L)}$

ويمكن حساب الكتلة كالاتي: $m(g) = M(\frac{mol}{L}) \times M(\frac{g}{mol}) \times V(L)$

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر



الفصل الاول

علم الثرموداينمك

الاستاذ حبيب الجنابي

2020






المقدمة

انواع الطاقة: الطاقة الحرارية ، الطاقة الميكانيكية ، الطاقة الكهربائية ،الطاقة الضوئية ، الطاقة النووية ،الطاقة الكيميائية وغيرها .

س/ ماهي العلاقة بين انواع الطاقة المختلفة ؟
ج// العلاقة هي عند ظروف معينة يمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر .

علم الثرموداينمك : هو علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل اكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى انواع اخرى من الطاقات .

س/ ماهي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك ؟ (2014 /د 1 - خاص)
ج // 1) سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.
2) التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية.
3) حدوث بعض التفاعلات تلقائيا واخرى لاتحدث بشكل تلقائي وبنفس الظروف .
4) سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية .

س/ ماهي اقسام الطاقة الرئيسية ؟
ج // 1) الطاقة الكامنة (المخزونة في جميع انواع الوقود) .
2) الطاقة الحركية (اي الطاقة في الاجسام المتحركة كالماء المتحرك) .

قانون الثرموداينمك الاول : الطاقة لاتفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل الى اخر .

ملاحظة: علم الثرموداينمك لا يهتم بعامل الزمن (سرعة التفاعل الكيميائي) انما ذلك من اهتمام علم الحركيات .

وحدات الطاقة: وحدات الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات (SI) هي الجول (J) وان $(1kJ = 1000J)$ و $(1J = 1kg \times \frac{m^2}{s^2})$

الطاقة الحركية : وهي حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعة $(KE = \frac{1}{2}mv^2)$.

وحدات درجة الحرارة : تقاس درجة الحرارة بالكلفن (K) وتحسب كالاتي : $T(K) = t(C^o) + 273$

بعض المصطلحات الثرموداينمكية :
1) **النظام :** هو جزء معين من الكون نهتم بدراسته يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية .

2) **الحد :** وهي الحدود التخيلية او الحقيقية التي تفصل النظام عن المحيط .

3) **المحيط :** كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من تغيرات فيزيائية وكيميائية .

4) **المجموعة (او الكون) :** وهي تشمل النظام والمحيط ، اي المجموعة = النظام +المحيط .



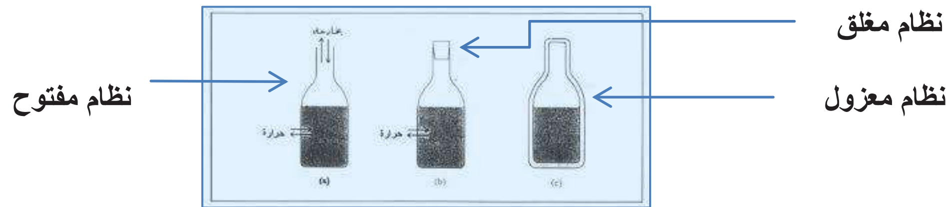


انواع الانظمة : (2018/ تمهيدي- عدد مع مثال)

1) النظام المفتوح : وهو النظام الذي تسمح حدوده بتبادل مادة النظام وطاقته مع المحيط . (2013 - تمهيدي) (تمهيدي 2014)
مثال اناء معدني مفتوح يحتوي على ماء مغلي . (2019/ت- الفرق بين النظام المفتوح والمغلق)

2) النظام المغلق: وهو النظام الذي تسمح حدوده بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتبادل مادة النظام مع المحيط .
مثال اناء معدني مغلق يحتوي على ماء مغلي . (2013 /د 1) (2017 /د 3)

3) النظام المعزول : وهو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل المادة و الطاقة مع المحيط . مثال الثرموس .
(2014 /د 1/ خاص/ اختيارات) (2015 /د 2) (2016 /د 1)(2017 /د 2) (2017 /د 1- خارج القطر) (2018/د3)



خواص النظام: وهي التغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن قياسها وملاحظتها ، مثال عدد المولات والحالة الفيزيائية للمواد في النظام والحجم والضغط ودرجة الحرارة .

الحرارة:

1) هي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة حرارتهما ، وهي احد اشكال الطاقة ويرمز لها بالرمز (q) .

2) درجة الحرارة : هي مقياس للطاقة الحرارية .

3) التغير في درجة الحرارة ΔT ويحسب كالاتي : $\Delta T = T_f - T_i$ (حيث T_f درجة الحرارة النهائية ، T_i درجة الحرارة الابتدائية)

4) تتناسب كمية الحرارة المفقودة او المكتسبة (q) طردياً مع التغير في درجات الحرارة ΔT اي ($q \propto \Delta T$)

5) ومنها $q = C \times \Delta T$ ، حيث C السعة الحرارية: (2017 /د 2- خارج القطر)
(وهي كميه الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقداره بالغرام $\{m(g)\}$ من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها $\frac{J}{c}$) .

6) $C = \varsigma \times m$ ، حيث ς (زيتا) الحرارة النوعية ς: (2014 /د 1) (2014 /د 2) (2014 /د 1- خاص/ اختيارات)
(هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد $(1g)$ من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها هي $(J/g.C^o)$.

7) من العلاقات اعلاه ينتج : $q = \varsigma \times m \times \Delta T$

ملاحظة: في القانون اعلاه الوحدات كالاتي :
كمية الحرارة (q) بالجول (J) ، الكتلة (m) بالغرام (g) ، درجة الحرارة T بالسيليزي (C^o)

مثال 1-1 مامقدار الحرارة الناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلته$(870g)$ من $5C^o$ الى $95C^o$ علما ان الحرارة النوعية للحديد $0.45J/g.C^o$ ؟ (2013 تمهيدي)

الحل:

1) نجد ΔT $\Delta T = T_f - T_i = 95C^o - 5C^o = 90C^o$

2) نجد q $q = \varsigma \times m \times \Delta T = 0.45J/g.C^o \times 870g \times 90C^o = 35235J$

تمرين 1-1

تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنيسيوم كتلتها $10g$ من $25C^o$ الى $45C^o$ مع اكتساب حرارة مقدارها $205J$ ، احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم . (2013 /د 1 – خارج القطر)

الحل:

1) نجد ΔT $\Delta T = T_f - T_i = 45C^o - 25C^o = 20C^o$

2) نجد ς : $q = \varsigma \times m \times \Delta T \Rightarrow 205J = \varsigma \times 10g \times 20C^o \Rightarrow \varsigma = 1.025J/g.C^o$

س/ ماهو الفرق بين السعة الحرارية والحرارة النوعية ؟ (2017 /د 1 /موصل - ماهو الفرق مع الوحدات) (2018 /تمهيدي- الفرق مع الوحدات)

الحل:

السعة الحرارية	الحرارة النوعية
وهي كميه الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقداره بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة .	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد $(1g)$ من اي مادة درجة سيليزية واحدة .
وحدتها $(J/.C^o)$	وحدتها $(J/g.C^o)$
من الخواص الشاملة	من الخواص المركزة



انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر

ملاحظة:
عندما ΔT $(+)$ فان q $(+)$ اي تسخين امتصاص حرارة
عندما ΔT $(-)$ فان q $(-)$ اي تبريد انبعاث حرارة

حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي) :

تعريفها : هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصية شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها بالرمز H ولايمكن قياس القيم المطلقة لها لانها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها ΔH . اي ان $(\Delta H = q_p)$

حالات ΔH :

1) $\Delta H < 0$ اي لها قيمة سالبة $(-)$ اي التفاعل باعث للحرارة .
2) $\Delta H > 0$ اي لها قيمة موجبة $(+)$ اي التفاعل ماص للحرارة .

اهميتها : تخبرنا هل ان التفاعل باعث للحرارة او ماص للحرارة من خلال اشارتها .

دالة الحالة : هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير، والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن المسار الذي تم من خلاله التغير، مثال الانثالبي ، الانتروبي ، طاقة كبس الحرة . (2013/2د) (2018 /تمهيدي)
ولا يمكن قياس القيمة الطلقة لدوال الحالة وانما يمكن قياس مقدار التغير (Δ) لهذه الدوال مثال $\Delta H = \Delta H_f - \Delta H_i$ ،
حيث ΔH_f و ΔH_i هي انثالبي النواتج والتفاعلات على التوالي .

دالة المسار : لا تعتبر الحرارة والشغل دوال حالة بل هي دالة مسار، علل ذلك ؟
ج/ لان قيمها تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة ،

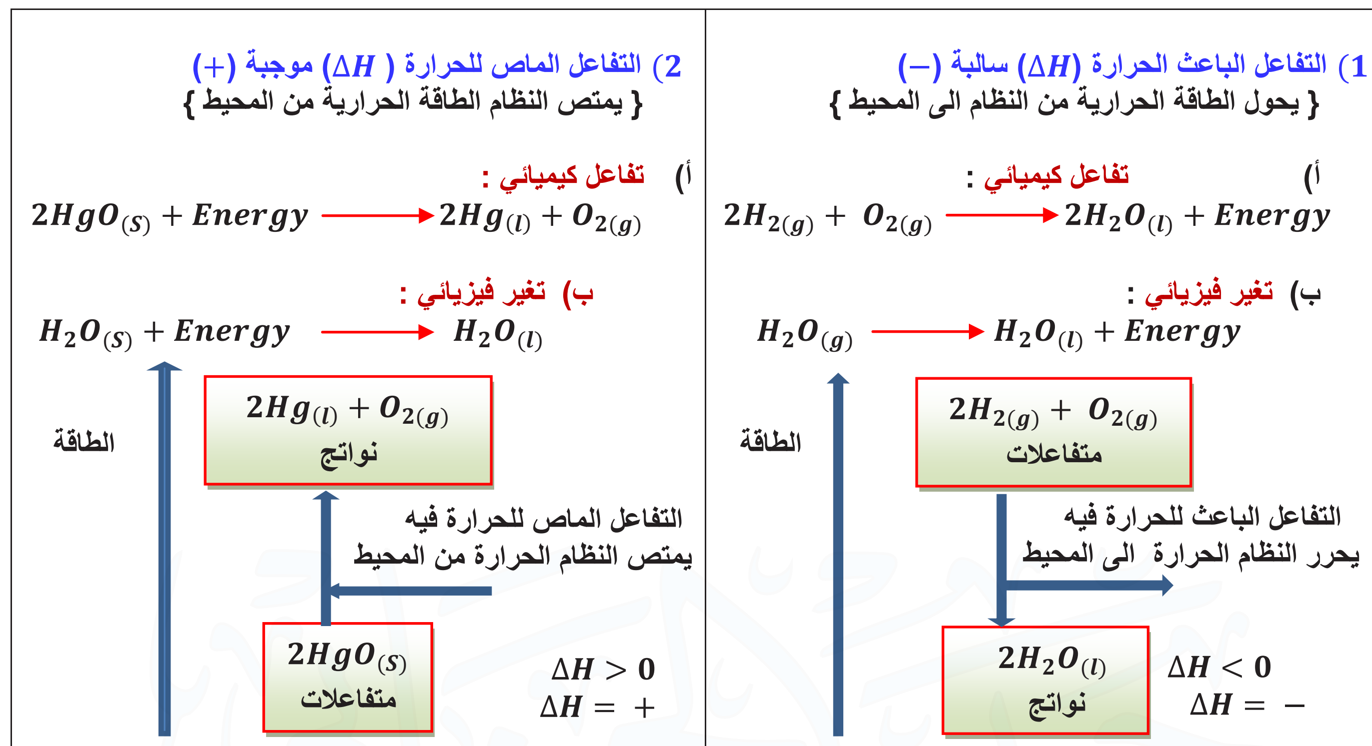
الخواص العامة للمواد : (2014 /د 2) –انواع الخواص فراغات) (2016 /د 2) - ما الفرق بين الخواص مع مثال)

1) الخواص الشاملة : وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام ، (2013 /3د) (2017 /د 1)
مثال الانثالبي ، الانتروبي ، طاقة كبس الحرة ، السعة الحرارية ، الكتلة ، الحجم .
توضيح: اي ان التغير في الانثالبي لتفاعل $2mol$ هي ضعف التغير في الانثالبي عند تفاعل $1mol$ من نفس المادة .

2) الخواص المركزة : وهي الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام . (2018 /د 1)
مثال : الكثافة ، الحرارة النوعية ، درجة الحرارة ، الضغط ، جهد الخلية E_{Cell} .

الكيمياء الحرارية :

وهي علم يختص بدراسة الحرارة الممتصة او المنبعثة (المتحررة) نتيجة التغيرات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية او بعنى اخر حساب انثالبي التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية . ويمكن توضيح ذلك بالمخطط الاتي :

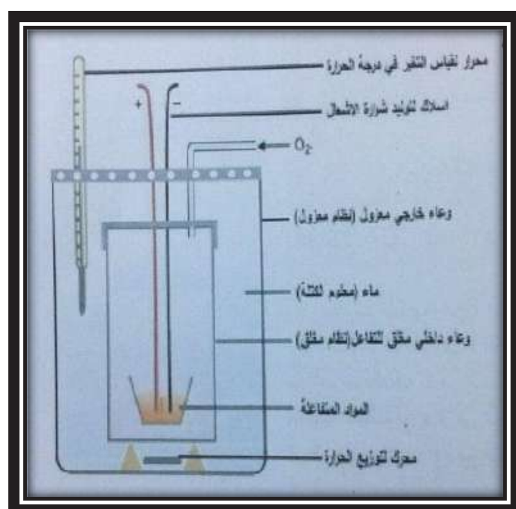


قياس انثالبي التفاعل ΔH :

المسعر: وهو جهاز يستخدم لقياس انثالبي التفاعل الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط .

اهميته : قياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) .

مكوناته : يتكون المسعر من : وعاء للتفاعل ، غطاء مطاطي ، عمود زجاجي للتحريك
وعاء معزول (مطاطي) يحتوي على كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) ، محرار .



توضيح : بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء لذا يمكن قياس كمية الحرارة من الزيادة في درجة حرارة الماء .

ملاحظة: جميع تفاعلات المسعر هي باعثة للحرارة
(لانها تفاعلات احتراق) اي ΔH سالبة (-)

خطوات حل مسائل المسعر:

1) نجد q من العلاقة الاتية : $q = \varsigma \times m \times \Delta T$
2) نجد عدد مولات $n(mol)$ للمادة المحترقة في المسعر
3) نجد كمية الحرارة (q) لاحتراق مول واحد : $q(J/mol) = \frac{q\,(J)}{n\,(mol)}$
4) نجد ΔH للتفاعل : $\Delta H = q_p$

مثال 2-1

وضعت $3g$ من مركب الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الكتلة المولية للكلوكوز $(M = 180\ g/mol)$ في وعاء العينة ثم ملئ وعاء التفاعل بغاز الاوكسيجين وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية $1200g$ من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2J/g.C^o$) وكانت درجة الحرارة الابتدائية تساوي $21C^o$ احرق بعد ذللك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان التفاعل رفع درجة حرارة المسعر ومحتوياته الى $25.5C^o$ احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق $1mol$ من الكلوكوز على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة . (1 د/ 2015)

الحل:

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 25.5C^o - 21C^o = 4.5C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 4.2J/g.C^o \times 1200g \times 4.5C^o = 22680J$$

3) بما ان الحرارة متحررة (منبعثة) لذا تعطى q اشارة سالبة اي :

$$q = -22680J$$

4) نجد عدد المولات للكلوكوز:

$$n = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{3\ g}{180\frac{g}{mol}} = 0.017mol$$

5) نجد الحرارة المتحررة (q) من احتراق $1mol$ من الكلوكوز :

$$q = \frac{q\ (J)}{n\ (mol)} = \frac{-22680\ J}{0.017\ mol} = -1334118\frac{J}{mol}$$

6) نجد الانثالبي ΔH : (بثبوت الضغط)

$$\Delta H = q_p = -1334118\frac{J}{mol}$$

7) نجد الانثالبي ΔH بوحدة KJ :

$$\Delta H\ (KJ/mol) = \Delta H\ \frac{J}{mol} \times \frac{1\ (KJ)}{1000\ (J)}$$

$$\Delta H\ (KJ/mol) = -1334118\frac{J}{mol} \times \frac{1\ (KJ)}{1000\ (J)} = -1334\left(\frac{KJ}{mol}\right)$$

تمرين 2-1

اذا تم حرق $3g$ من مركب الهيدرازين N_2H_4 كتلته المولية تساوي $M = 32\ g/mol$ في مسعر مفتوح يحتوي على $1000g$ من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2J/g.C^o$) فان درجة الحرارة ترتفع من $24.6C^o$ الى $28.2C^o$ احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق والانثالبي لاحتراق $1mol$ من الهيدرازين بوحدة KJ/mol على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة . (1 د/ 2013) (تمهيدي/2017)

ملاحظة: يحل هذا التمرين بنفس طريقة حل المثال اعلاه

الحل:

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 28.2C^o - 24.6C^o = 3.6C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 4.2J/g.C^o \times 1000g \times 3.6C^o = 15120\ J$$

3) بما ان الحرارة متحررة (منبعثة) لذا تعطى q اشارة سالبة اي :

$$q = -15120J$$

4) نجد عدد المولات الهيدرازين:

$$n = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{3\ g}{32\frac{g}{mol}} = 0.094mol$$

5) نجد الحرارة المتحررة (q) من احتراق $1mol$ من الهيدرازين :

$$q = \frac{q\ (J)}{n\ (mol)} = \frac{-15120J}{0.094\ mol} = -160851\frac{J}{mol}$$

6) نجد الانثالبي ΔH : (بثبوت الضغط)

$$\Delta H = q_p = -160851\frac{J}{mol}$$

7) نجد الانثالبي ΔH بوحدة KJ :

$$\Delta H(KJ/mol) = \Delta H\ \frac{J}{mol} \times \frac{1\ (KJ)}{1000\ (J)}$$

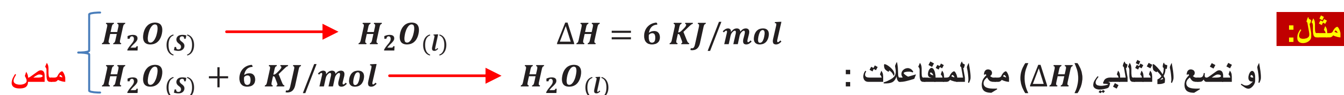
$$\Delta H(KJ/mol) = -160851\frac{J}{mol} \times \frac{1\ (KJ)}{1000\ (J)} = -161\left(\frac{KJ}{mol}\right)$$



المعادلة الكيميائية الحرارية : المعادلة الحرارية يجب ان تبين لنا الاتي :

1) اشارة ΔH فاذا كانت اشارتها موجبة (+) فالتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي **ماص** للحرارة ،

مثال:



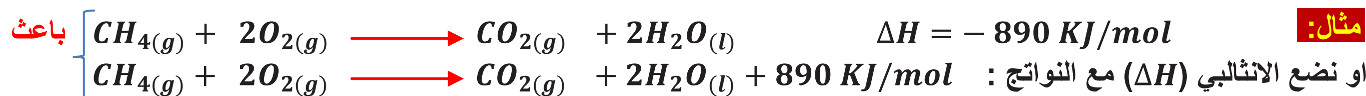
$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ KJ/mol$$

او نضع الانثالبي (ΔH) مع المتفاعلات :

$$H_2O_{(S)} + 6\ KJ/mol \longrightarrow H_2O_{(l)}$$ ماص

امـــــا اذا كانت اشارتها سالبة (–) فالتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي **باعث** للحرارة ،

مثال:



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -890\ KJ/mol$$

او نضع الانثالبي (ΔH) مع النواتج :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890\ KJ/mol$$ باعث

> ملاحظة // عندما نكتب كلمة الطاقة $(Energy)$ او قيمتها مع المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة
> وعندما نكتب كلمة الطاقة $(Energy)$ او قيمتها مع النواتج فالتفاعل باعث للحرارة

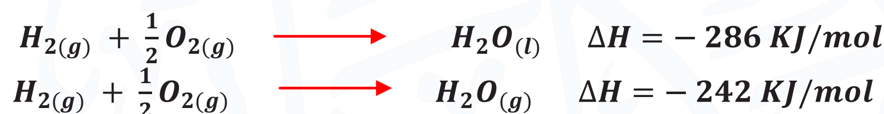
2) يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة حيث :

- صلب – S
- سائل - l
- غاز - g
- محلول مائي aq

علل : يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة للتفاعل الكيميائي والتغير الفيزيائي ؟

ج // لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل .

مثال:

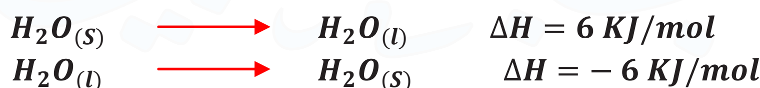


$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286\ KJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -242\ KJ/mol$$

3) عند عكس تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي فأن اشارة ΔH تعكس ايضاً دون ان تتغير قيمتها ،

مثال:



$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ KJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(S)} \qquad \Delta H = -6\ KJ/mol$$

4) عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة طرفي المعادلة برقم معين فيجب ان تجري نفس العملية على قيمة ΔH :

مثال:



$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ KJ/mol \qquad \times 2$$

$$2H_2O_{(S)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 12\ KJ/mol$$

انثالبي التفاعل القياسية ΔH^o_r

وهي الحرارة المصاحبة لحدوث التفاعل عند الظروف القياسية من درجة حرارة وضغط ويرمز لها بـ ΔH^o_r .

س/ ما هي الظروف القياسية ؟

ج/ درجة الحرارة $25C^o$ $(298K)$ وضغط $1atm$.

اما للغازات فالظروف القياسية لها هي $0C^o$ $(273K)$ و ضغط $1atm$ ويرمز لها بالرمز STP .



س/ كيف تقرأ التفاعل الحراري الاتي:



$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^o_r = -3523\ KJ/\ mol$$

ج/ ان مول واحد من البنتان السائل C_5H_{12} تم حرقة مع 8 مول من غاز الاوكسيجين لينتج 5 مول من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و 6 مول من الماء السائل وتحررت حرارة مقدارها $3523\ KJ$ من عملية الحرق عند ظروف قياسية هي $25C^o$ و ضغط $1atm$.

انواع الانثالبيات

1) انثالبي التكوين القياسية ΔH_f^o :

تعريفها: وهي الحرارة اللازمة (ممتصة او منبعثة) لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة وبأثبت صورها في الظروف القياسية $25C^o$ و ضغط $1atm$. (خارج - موصل - د1 /2017)

شروطها : لها ثلاث شروط { يتكون مول واحد من المادة – من عناصره الاساسية – وبأثبت صورة } .
اي عند تحقق هذه الشروط الثلاثة فأن $\Delta H_r^o = \Delta H_f^o$ (خارج القطر ، متى يتساويان مع مثال - د 1 /2017)

س/ ما المقصود بالعنصر الاثبت صورة ؟
ج// اي حالة العنصر الفيزيائية (طورالمادة) المتواجد فيها بالظروف القياسية ، وهي الحالة الاكثر استقراراً (اي اقل طاقة) .

امثلة للعناصر الاثبت صورة :

H_2 - غاز	Hg – سائل	Fe – صلب	$C_{graphite}$ - كاربون كرافيت	P_4 الفسفور صلب
O_2 – غاز	Mg - صلب	Al - صلب	$S_{rhombic}$ كبريت معيني	

اما العناصر التي ليست بأثبت صورة فهي العناصر اعلاه ولكن في اطوار اخرى او في صورة اخرى فهي مثال :
Fe – السائل ، $C_{diamond}$ (الكاربون الماس) ، $S_{(orthorhombic)}$ - كبريت موشوري .

ملاحظة
1) $\Delta H_f^o(Element) = 0\ KJ/mol$ اي للعنصر الاثبت صورة .
2) ΔH_f^o انثالبي التكوين = انثالبي التفكك ولكن بعكس الاشارة . (لاحظ سؤال وزارى نهاية الفصل)

امثلة لمعادلات التكوين لبعض المواد :



$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_f^o\ (H_2O_{(l)}) = -286\ KJ/mol$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(S)} \longrightarrow H_3PO_{4(S)} \qquad \Delta H_f^o\ (H_3PO_{4(S)}) = -1279\ KJ/mol$$

$$C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_f^o\ (CO_{2(g)}) = -393.5\ KJ/mol$$

س// نلاحظ دائماً ضهور كسور في المعادلة الحرارية ، علل ذلك ؟
ج// بسبب كتابة المعادلة الكيميائية التي تمثل تكوين مول واحد من المركب المراد تكوينه .

س// ما هي العلاقة بين ΔH_f^o و ΔH_r^o ؟ ج //

$$\Delta H_f^o = \frac{\Delta H_r^o}{n_{المتكونة}}$$
(حيث n عدد المولات المتكونة من المعادلة)

ملاحظة
تطبق هذه العلاقة فقط عند تكون المادة من عناصرها الاساسية وبأثبت صورة ولكن المتكون لايساوي واحد مول (اي اكثر او اقل من مول واحد) ، اي يتحقق الشرط الثاني والثالث فقط (لاحظ تمرين 1 – 4 و 1 – 5) .

مثال 1-3

اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 تساوي $\Delta H_f^o\ (C_6H_6) = 49\ KJ/mol$ ، اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r^o مساوية الى $\Delta H_f^o\ (C_6H_6)$.

الحل:

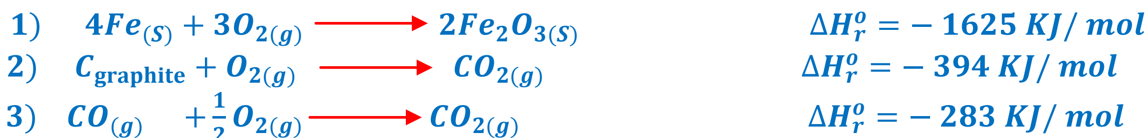
لابد ان يتكون مول واحد من C_6H_6 من عناصره الاساسية باثبت صورها عند الظروف القياسية في $25C^o$ و ضغط $1atm$
وحسب المعادلة الاتية :



$$6C_{graphite} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \qquad \Delta H_f^o\ (C_6H_6) = \Delta H_r^o = 49\ KJ/mol$$



مثال 4-1 اي من التفاعلات التالية تساوي قيمة انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r^o لها الى قيمة انثالبي التكوين القياسية ΔH_f^o للمركبات المتكونة :



1) $4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$ $\Delta H_r^o = -1625\ KJ/mol$

2) $C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -283\ KJ/mol$

1) $\Delta H_r^o \neq \Delta H_f^o$ لانه التفاعل لا يحقق الشروط الثلاثة بسبب تكون $2mol$ من Fe_2O_3 .

2) $\Delta H_r^o = \Delta H_f^o$ لانه يحقق الشروط الثلاثة .

3) $\Delta H_r^o \neq \Delta H_f^o$ لانه لايحقق الشروط الثلاثة بسب ان المواد المتفاعلة ليست عناصر بأثبت صورها لانه CO مركب وليس عنصر

تمرين 3-1 اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك (H_2SO_4) ΔH_f^o تساوي $(-811\ KJ/mol)$

اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r^o مساوية الى (H_2SO_4) ΔH_f^o .

الحل:



$H_{2(g)} + S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)}$ $\Delta H_f^o\ (H_2SO_4) = \Delta H_r^o = -811\ KJ/mol$

تمرين 4-1 احسب انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r^o للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين HF تساوي $\Delta H_f^o(HF) = -271\ KJ/mol$



$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$

(علل ΔH_r^o لا تساوي ΔH_f^o - خ ق- 1 د/2015)

الحل:

$\Delta H_f^o = \frac{\Delta H_r^o}{n_{المتكونة}} \Rightarrow -271\ KJ/mol = \frac{\Delta H_r^o}{2} \Rightarrow \Delta H_r^o = -542\ KJ/mol$

تمرين 5-1 احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل الاتي : $\Delta H_r^o = ?$



$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)}$

اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لاوكسيد الالمنيوم $\Delta H_f^o(Al_2O_3) = -1670\ KJ/mol$

الحل:

نجد ΔH_r^o من ΔH_f^o من العلاقة الاتية :

$\Delta H_f^o = \frac{\Delta H_r^o}{n_{المتكونة}} \Rightarrow \Delta H_r^o = \Delta H_f^o \frac{kJ}{mol} \times n(mol)$

$\Delta H_r^o = -1670KJ/mol \times 2(mol) = -3340\ KJ$

---

2) انثالبي الاحتراق القياسية ΔH_C^o :

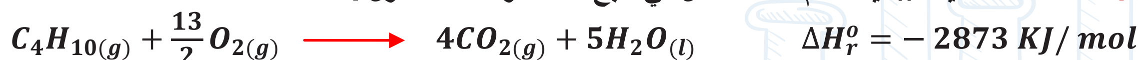
تعريفها: وهي الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مادة حرقاً تاماً مع الاوكسجين عند الظروف القياسية من درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$. (1 د/2017 – خ ق- عرف) (1 د/ 2018) (1د/2019- تعريف مع الشروط)

شروطها : لها ثلاث شروط { يحترق مول واحد من المادة (عنصر او مركب) – حرق تام مع O_2 – في الظروف القياسية }

وعند تحقق الشروط الثلاثة فأن : $\Delta H_r^o = \Delta H_C^o$

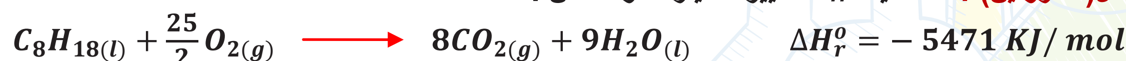
امثلة لتفاعلات الاحتراق :

1) احتراق غاز البيوتان : اهميته // يستخدم هذا التفاعل في طبخ الغذاء وتدفئه المنازل .



$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -2873\ KJ/mol$

2) احتراق الاوكتان السائل(الكازولين) : اهميته // تسيير السيارات والمكائن .



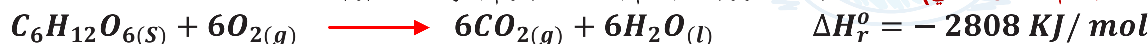
$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -5471\ KJ/mol$

3) احتراق غاز الهيدروجين : اهميتهُ // يستخدم كوقود لسفن الفضاء .



$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -286\ KJ/mol$

4) حرق الكلوكوز (داخل جسم الكائن الحي) : اهميتهُ // تزويد الجسم بالطاقة ليقوم بمهامه الحيوية .



$C_6H_{12}O_{6(S)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -2808\ KJ/mol$



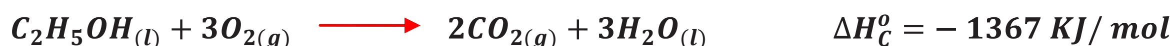
ملاحظات مهمة

1) تشمل تفاعلات الاحتراق حرق المواد (الوقود) والعناصر مع O_2 .
2) لانثالبي الاحتراق ΔH_C^o اشارة سالبة $(-)$ دائماً لانها باعثة للحرارة .
3) حرق المركبات العضوية ينتج دائماً غاز CO_2 والماء السائل H_2O اما حرق العناصر فينتج اكاسيدها .
4) عند موازنة تفاعلات الاحتراق للمركبات العضوية نبدأ بالكاربون (C) ثم الهيدروجين (H) ثم الاوكسجين (O) .
5) العلاقة التي تربط بين ΔH_C^o و ΔH_r^o هي : $\Delta H_C^o = \frac{\Delta H_r^o}{n_{\text{المحترقة}}}$
6) $\Delta H_r^o = \Delta H_f^o = \Delta H_C^o$ ، عند تحقق ستة شروط كما في احتراق مول واحد من كاربون الكرافيت لتكوين CO_2 مول واحد .

مثال 5-1

اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل $(C_2H_5OH_{(l)})$ اذا علمت ان $\Delta H_C^o\ (C_2H_5OH_{(l)}) = -1367 KJ/mol$

الحل:



$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_C^o = -1367\ KJ/mol$$

تمرين 6-1

اكتب معادلة تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) اذا علمت ان $\Delta H_C^o\ (C_3H_8) = -2219 KJ/mol$

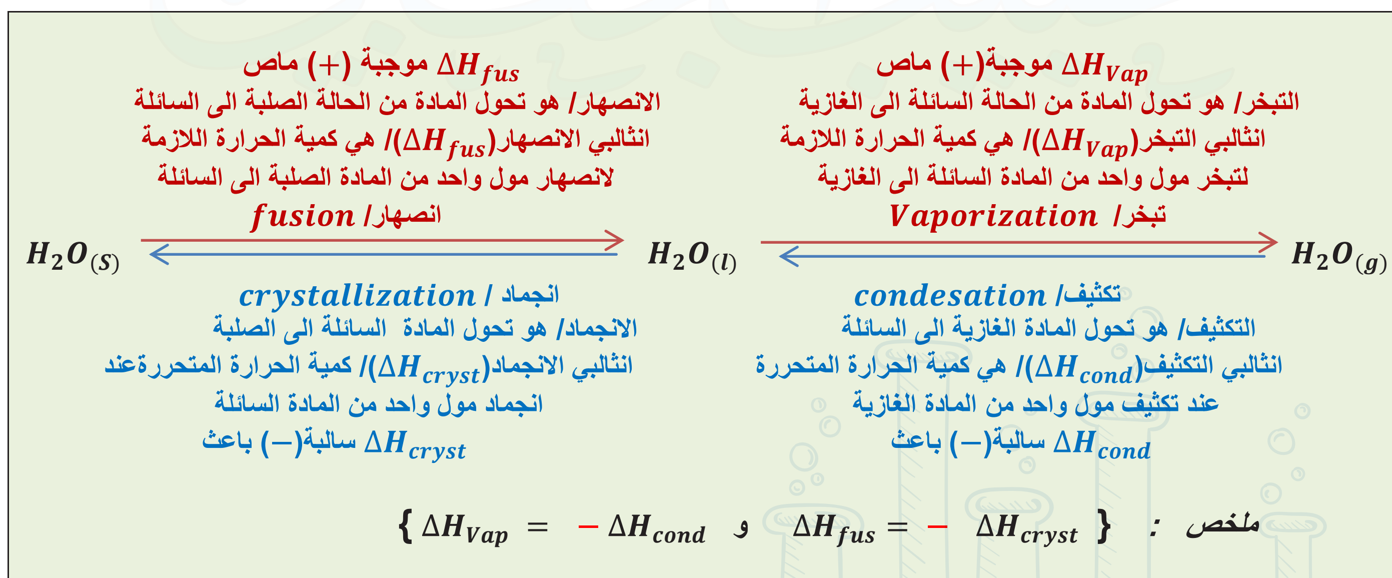
الحل:



$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_C^o = -2219\ KJ/mol$$

انثالبي التغيرات الفيزيائية :

يمكن تلخيص الموضوع كالاتي (نأخذ الماء كمثال على ذلك) :



مثال 6-1

اذا علمت ان انثالبي التبخر للامونيا تساوي $23 KJ/mol$. احسب انثالبي التكثيف للامونيا . (2015/ تمهيدي)

الحل:

معادلة التبخر للامونيا تكتب على الصورة الاتية :



$$NH_{3(l)} \xrightarrow{Vap} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{Vap} = 23 KJ/mol$$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخراي ان :



$$NH_{3(g)} \xrightarrow{cond} NH_{3(l)} \qquad \Delta H_{cond} = \Delta H_{Vap} = -23\ KJ/mol$$



تمرين 1-7

اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك الثلجي (CH_3COOH) $5.11\ KJ/mol$ ، احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض .

الحل:

معادلة الانصهار للحامض هي :



$$CH_3COOH_{(S)} \longrightarrow CH_3COOH_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11\ KJ/mol$$

وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان :



$$CH_3COOH_{(l)} \longrightarrow CH_3COOH_{(S)}$$

$$\Delta H_{cryst} = -\ \Delta H_{fus} = -5.11\ KJ/mol$$

طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r^o :

1) طريقة استخدام قانون هيس:

تعريفه: (2015/ د 1 - نازحين)(2016/ د 2)

عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فأن التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات .

اهميتهُ :

ايجاد او حساب انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r^o لبعض التفاعلات التي لا يمكن قياس الانثالبي لها بصورة مباشرة .

س// هناك تفاعلات يتم ايجاد ΔH_r^o لها بصورة غير مباشرة ، علل ذلك ؟

ج// وذلك لان هذه المركبات الكيميائية لا يمكن تصنيعها بشكل مباشر من عناصرها .

س// لا يمكن تصنيع (تكوين) بعض المركبات من عناصرها الاولية او الاساسية علل ذلك ؟

ج// وذلك لان التفاعل لهذه المركبات قد يسير ببطء شديد او تكون مركبات جانبية غير مرغوب فيها .

توضيح :

على سبيل مثال لايمكن قياس ΔH_r^o لتكوين غاز CO من عناصره الاساسية في المعادلة الاتية :

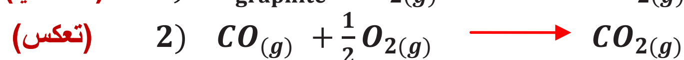


$$C_{graphite} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H_r^o = ?$$

والسبب انه من المستحيل منع تكون غاز$(CO_2$ مركب جانبي) عند تكون غاز CO ، والحل هنا هو ايجاد ΔH_r^o من التفاعلين الاتيين:

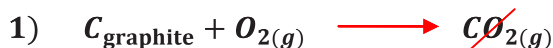


$$1)\ C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol \quad \text{(كما هي)}$$

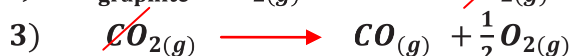


$$2)\ CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -283\ KJ/mol \quad \text{(تعكس)}$$

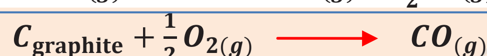
ولكي نحصل على مول واحد في النواتج من CO تقلب المعادلة (2) وكذلك التخلص من CO_2 ، اما المعادلة (1) فتبقى كما هي :



$$1)\ C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \qquad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$$



$$3)\ \cancel{CO_{2(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = +283\ KJ/mol$$



بالجمع

$$C_{graphite} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H_r^o = -111\ KJ/mol$$

مثال 1-7

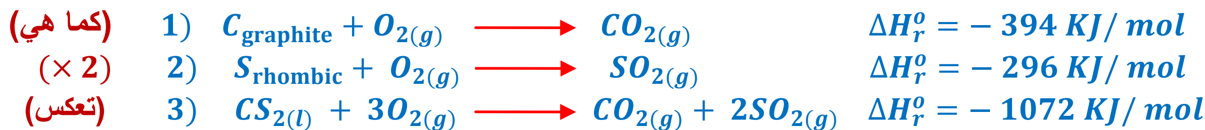
احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(l)}$ من عناصره الاساسية باثبت صورها . (2016 / د 3)

(2017 / د 3- موصل) (2016 /تمهيدي – بدون المعادلة الهدف)



$$C_{graphite} + 2S_{rhombic} \longrightarrow CS_{2(l)} \qquad \Delta H_f^o\ (CS_{2(l)}) = ?\ KJ/mol$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :



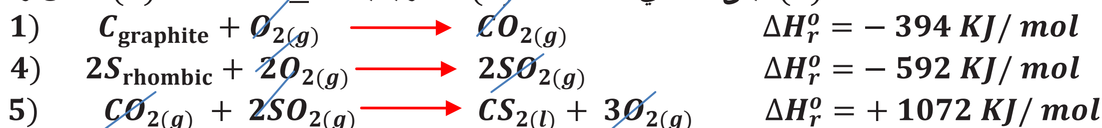
$$1)\ C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol \quad \text{(كما هي)}$$

$$2)\ S_{rhombic} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -296\ KJ/mol \quad (\times 2)$$

$$3)\ CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -1072\ KJ/mol \quad \text{(تعكس)}$$

الحل:

المعادلة (1) تبقى كما هي ، المعادلة (2) تضرب بالعدد 2 ، المعادلة (3) تعكس وكالاتي :

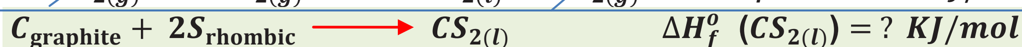


$$1)\ C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$$

$$4)\ 2S_{rhombic} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -592\ KJ/mol$$

$$5)\ CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = +1072\ KJ/mol$$

بالجمع



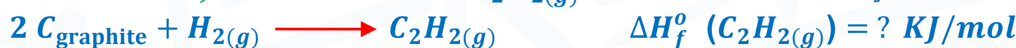
$$C_{graphite} + 2S_{rhombic} \longrightarrow CS_{2(l)} \qquad \Delta H_f^o\ (CS_{2(l)}) = ?\ KJ/mol$$

وحيث ان ΔH_f^o هي نفسها ΔH_r^o اي:

$$\Delta H_f^o\ (CS_{2(l)}) = -394\ KJ + (-592\ KJ) + 1072\ KJ = 86\ KJ/mol$$

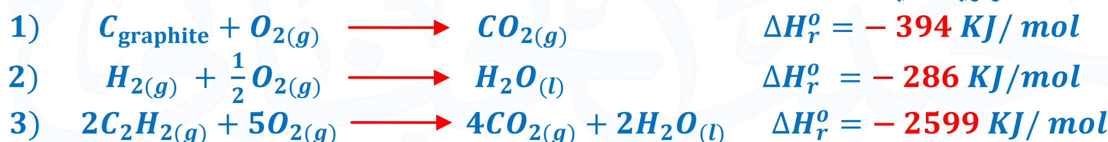
تمرين 1-8

احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصره الاساسية . (2017 /د 1-موصل) (2018 /د 1)



$$2\ C_{graphite} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \qquad \Delta H_f^o\ (C_2H_{2(g)}) = ?\ KJ/mol$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :



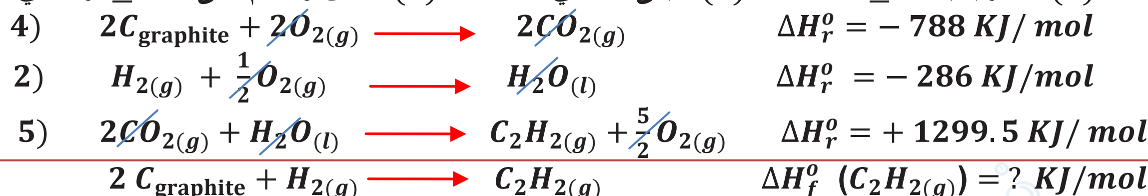
$$1)\ C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$$

$$2)\ H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -286\ KJ/mol$$

$$3)\ 2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -2599\ KJ/mol$$

الحل:

المعادلة (1) تضرب بالعدد 2 ، المعادلة (2) تبقى كما هي ، المعادلة (3) تعكس وتقسم على العدد 2 وكالاتي:



$$4)\ 2C_{graphite} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -788\ KJ/mol$$

$$2)\ H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -286\ KJ/mol$$

$$5)\ 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \tfrac{5}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = +1299.5\ KJ/mol$$



$$2\ C_{graphite} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \qquad \Delta H_f^o\ (C_2H_{2(g)}) = ?\ KJ/mol$$

وحيث ان ΔH_f^o هي نفسها ΔH_r^o اي:

$$\Delta H_f^o\ (C_2H_{2(g)}) = -788\ KJ + (-286\ KJ) + 1299.5\ KJ = 225.5\ KJ/mol$$

---

2) طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية ΔH_f^o :

يمكن استخدام قيم ΔH_f^o للمركبات الكيميائية لحساب ΔH_r^o للتفاعل الكيميائي ، كما في التفاعل الحراري الاتي :



$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

ويمكن حساب ΔH_r^o من العلاقة الاتية :

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$

حيث n تمثل عدد المولات للمواد المتفاعلة $(reactants)$ والناتجة $(products)$ اما $\sum$ فتعني مجموع ، وكالاتي :

$$\Delta H_r^o = [g\Delta H_f^o(G) + h\Delta H_f^o(H)] - [a\Delta H_f^o(A) + b\Delta H_f^o(B)]$$

ملاحظة: $\Delta H_f^o(Element) = 0\ KJ/mol$ اي للعنصر الاثبت صورة كما مر سابقاً .

مثال 8-1

يجري تفاعل الثرميت الذي يتضمن الالمنيوم واوكسيد الحديد (III) كالاتي :



$$2Al_{(S)} + Fe_2O_{3(S)} \longrightarrow Al_2O_{3(S)} + 2Fe_{(l)} \quad \Delta H_r^o = ?\ KJ$$

احسب ΔH_r^o لهذا التفاعل اذا علمت ان :

$$\Delta H_f^o(Al_2O_{3(S)}) = -1670\ KJ/mol$$
$$\Delta H_f^o(Fe_2O_{3(S)}) = -822\ KJ/mol$$
$$\Delta H_f^o(Fe_{(l)}) = 12\ KJ/mol$$

الحل:

الالمنيوم بأثبت صورة لانه صلب اما الحديد فهو ليس بأثبت صورة لانه سائل وليس صلب ، ونجد ΔH_r^o من العلاقة الاتية :

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [\Delta H_f^o(Al_2O_{3(S)}) + 2\Delta H_f^o(Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^o(Al_{(S)}) + \Delta H_f^o(Fe_2O_{3(S)})]$$
$$\Delta H_r^o = [-1670 + 2(12)] - [2(0) + (-822)] = -824KJ$$

تمرين 9-1

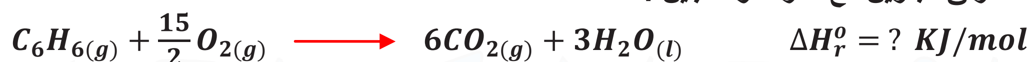
يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل احسب ΔH_r^o لهذا التفاعل

اذا علمت ان : $\Delta H_f^o(C_6H_6) = 49\ KJ/mol$ و $\Delta H_f^o(CO_{2(g)}) = -394\ KJ/mol$

و $\Delta H_f^o(H_2O_{(l)}) = -286\ KJ/mol$ (تمهيدي 2013) (د3/ 2014) (د2- 2016/ خ ق)

الحل:

نكتب معادلة احتراق البنزين مع غاز الاوكسجين :



$$C_6H_{6(g)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = ?\ KJ/mol$$

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [6\Delta H_f^o(CO_{2(g)}) + 3\Delta H_f^o(H_2O_{(l)})] - [\Delta H_f^o(C_6H_6) + \frac{15}{2}\Delta H_f^o(O_{2(g)})]$$
$$\Delta H_r^o = [6(-394) + 3(-286)] - [49 + 0]$$
$$\Delta H_r^o = [-2364 - 858] - [49]$$
$$\Delta H_r^o = -3271\ KJ/mol$$

ملاحظة: ويمكن ايجاد ΔH_f^o لاي مادة متفاعلة او ناتجة من ΔH_r^o وقيم ΔH_f^o لمواد التفاعل الاخرى كما في السؤال الوزاري اعلاه .

العمليات التلقائية :

هي اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي .

التفاعل التلقائي: وهو التفاعل الذي يحدث من تلقاء نفسه عند ظروف معينة من درجة حرارة وضغط وتركيز .



امثلة للعمليات التلقائية:

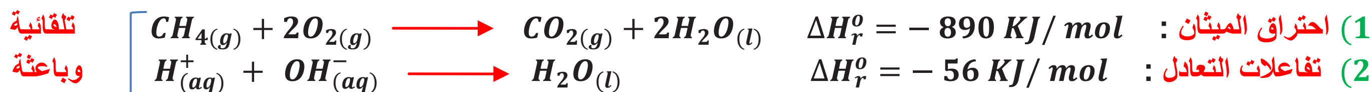
1) سقوط الماء من اعلى الشلال تلقائي ، لكن صعوده غير تلقائي (تغير فيزيائي) .
2) انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد تلقائي ، والعكس غير تلقائي (تغير فيزيائي) .
3) ذوبان قطعة السكر في كوب القهوة تلقائي ، لكن تجمع السكر المذاب غير تلقائي (تغير فيزيائي) .
4) انجماد الماء النقي تحت $0C^o$ تلقائي ، وانصهار الجليد فوق $0C^o$ تلقائي (تغير فيزيائي) .
5) يصدأ الحديد تلقائياَ عندما يتعرض للاوكسجين وللرطوبة (الماء) ، ولكن تحول الصدأ الى حديد غير تلقائي (تفاعل كيميائي) .
6) تفاعل قطعة Na مع H_2O بشدة مكون $NaOH$ و H_2 اي تلقائي ولكن تفاعل $NaOH$ و H_2 غير تلقائي (تفاعل كيميائي)
7) تمدد الغاز تلقائياَ في الاناء المفرغ من الهواء ، ولكن تجمع جزيئات الغاز في وعاء واحد غير تلقائي (تغير فيزيائي) .

(موصل- انتشار العطر عملية تلقائية / د1 / 2017)

ملاحظة: اي تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي يجري تلقائي بأتجاه معين ، فان جريانه في الاتجاه المعاكس يكون غير تلقائي .

س/ ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائياً ؟

ج/ وذلك لان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية (طاقة اقل تعني اكثر استقراراً) اي الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام ، وهذا مثلاً هو السبب في انتقال الحرارة من الجسم الساخن الى الجسم البارد وسبب سقوط الماء من اعلى الشلال ، وهذا يفسر لنا التفاعلات الباعثة للحرارة التي تحدث تلقائياً تكون طاقة النواتج اقل من المتفاعلات **مثال ذلك:**



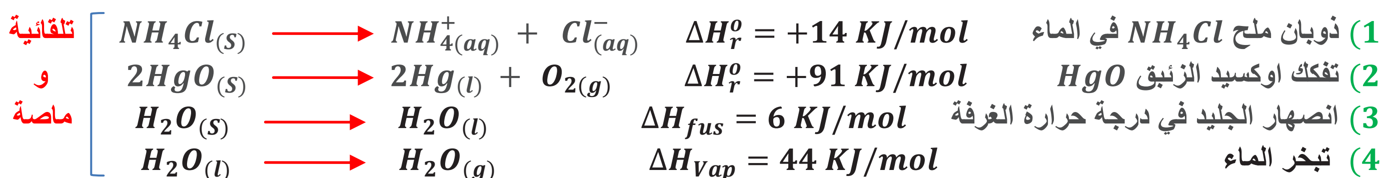
1) احتراق الميثان : $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -890\ KJ/mol$

2) تفاعلات التعادل : $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -56\ KJ/mol$

تلقائية وباعثة

ولكن هل هذا يعني ان اي تفاعل تلقائي يجب ان يكون باعثاً للحرارة وليس ماصاً ؟

الجواب: لايمكن التعميم لان هناك تفاعلات كيميائية وتغيرات فيزيائية ماصة للحرارة وتكون تلقائية ايضاً ، **مثال :**



1) ذوبان ملح NH_4Cl في الماء : $NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ $\Delta H_r^o = +14\ KJ/mol$

2) تفكك اوكسيد الزئبق HgO : $2HgO_{(S)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = +91\ KJ/mol$

3) انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة : $H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_{fus} = 6\ KJ/mol$

4) تبخر الماء : $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H_{Vap} = 44\ KJ/mol$

تلقائية و ماصة

ملاحظة: التفاعل التلقائي يمكن ان يكون ماص او باعث للحرارة اي بمعنى اخر لا يمكن تحديد التلقائية من ΔH لوحدها ، لذلك نحتاج الى دالة حالة ثرموداينميكية جديدة تسمى بالانتروبي ΔS (علل ذلك) .

ملاحظة مهمة: *على العموم تكون تفاعلات الذوبان للاملاح والتفكك و الانصهار والتبخر تكون ماصة للحرارة (ΔH) لها + .*

الانتروبي: وهي دالة حالة ثرموداينميكية تعتبر مقياس درجة اللاانتظام للنظام (العشوائية) ، ويرمز لها بالرمز S .

اهميتها: مقياس العشوائية للنظام ومنها معرفة التلقائية بالاعتماد على كل من ΔS و ΔH .

ملاحظة: الانتروبي دالة حالة اي تعتمد على الانتروبي النهائية S_f والانتروبي الابتدائية S_i ويقاس مقدار ΔS: $\Delta S = S_f - S_i$

العمليات التي تزداد فيها الانتروبي (ΔS موجبة +) :

1) **الانصهار** : **س/** تزداد الانتروبي في عملية الانصهار ، علل ذلك ؟



ج/ وذلك لان الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة تكون محصورة في مواقع ثابتة ، وعند الانصهار تبدأ هذه الذرات او الجزيئات بالحركة خارج الشبكة البلورية مما يزيد العشوائية

2) **التبخر** : **س/** تزداد الانتروبي في عملية التبخر ، علل ذلك ؟



ج/ بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي اكثر لملئ فراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه .

3) **الذوبان** : **س/** تزداد الانتروبي في عملية الذوبان للمواد الصلبة ،علل ؟

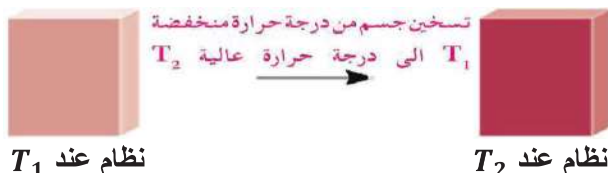


ج/ وذلك بسب تكسر النظام الهيكلي المنتظم للمذاب والمذيب اي بسبب :

1) عملية تكوين المحلول (خلط المذاب مع المذيب) .
2) تفكك المركب الصلب الى ايونات .

ملاحظة: اما ذوبان الغازات بالسوائل فتقل الانتروبي اي ΔS (−) لاحظ تعليل 3 اسئلة الفصل .

4) **التسخين** : **س/** تزداد انتروبي النظام بالتسخين ، علل ؟ (2018/ د2)



ج/ وذلك لان عملية التسخين تودي الى :

1) زيادة الحركات الانتقالية والدورانية والاهتزازية للجزيئات .
2) زيادة انواع الطاقات المرتبطة جميعها بالحركة الجزيئية .

ملاحظة: وتزداد الانتروبي كذلك في عملية التسامي وهو تحول المادة الصلبة الى الغازية دون المرور بالحالة السائلة .

ملخص:
1) تزداد الانتروبي $(\Delta S +)$ في : الانصهار - التبخر – الذوبان - التسخين - التسامي - التفكك .
2) تقل الانتروبي $(\Delta S -)$ في : الانجماد - التكثيف - الترسيب - التبريد



مثال 1-9

تنبأ فيما اذا كان التغير في الانتروبي ΔS اكبر او اقل من الصفر للعمليات الاتية :
أ) تجمد كحول الاثيل   ب) تبخر سائل البروم (2018 /د 1)   جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء (تمهيدي2017)
د) تبريد غاز النتروجين من $80C^o$ الى $20C^o$ (تمهيدي2017)

الحل:

أ) بما ان عملية الانجماد تحول كحول الاثيل السائل الى كحول الاثيل الصلب الذي تكون فيه جزيئات الكحول اكثر انتظاماً لذا فا لتغير في الانتروبي اصغر من الصفر $(\Delta S < 0)$.   (2019/د1)
ب) تحول البروم السائل الى بخار البروم يزيد من عشوائية الجزيئات وبالتالي فالتغير في الانتروبي اكبر من الصفر $(\Delta S > 0)$.
جـ) تنتشر جزيئات الكلوكوز الصلب في الماء مما يؤدي الى زيادة العشوائية اي التغير في الانتروبي اكبر من الصفر $(\Delta S > 0)$.
د) يقلل تبريد غاز النتروجين من $80C^o$ الى $20C^o$ من عشوائية النظام ما يؤدي الى نقصان في الانتروبي $(\Delta S < 0)$.

تمرين 1-10

كيف تتغيرانتروبي النظام للعمليات الاتية : أ) تكثف بخار الماء ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع
جـ) تسخين غاز H_2 من $20C^o$ الى $80C^o$ (2015/د1- نازحين)(2014/د3)   د) تسامي اليود الصلب .

الحل

أ) التكثيف تحول البخار الى سائل مما يقلل من عشوائية النظام اي نقصان في الانتروبي $(-)$ اي$(\Delta S < 0)$.
ب) اي يحصل ترسيب للمذاب (عكس الذوبان) مما يقلل من العشوائية اي نقصان في الانتروبي $(-)$ اي $(\Delta S < 0)$.
جـ) يزيد التسخين من عشوائية النظام اي يزيد من الانتروبي (موجبة $+$) او $(\Delta S > 0)$.
د) التسامي تحول اليود الصلب الى غاز فيؤدي الى زيادة في الانتروبي (ΔS موجبة) اي $(\Delta S > 0)$.   (علل - 2 د/ 2017)

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية ΔS_r^o:

تحسب ΔS_r^o من قيم الانتروبي المطلقة (S) لكل من النواتج والمتفاعلات من العلاقة الاتية :

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$

حيث n عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة في معادلة التفاعل الموزونة امـــا $\sum$ فتعني مجموع .
وكما في التفاعل العام الاتي :

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

وتحسب ΔS_r^o كالاتي :



$$\Delta S_r^o = [gS^o(G) + hS^o(H)] - [aS^o(A) + bS^o(B)]$$

ملاحظة

1) وحدة الانتروبي حسب النظام الدولي للوحدات SI هي $(J/K.mol)$.
2) قيمة الانتروبي S للعنصر الاثبت صورة لاتساوي صفر اي لها قيم معينة على عكس ΔH_f^o .

مثال 1-10

احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔS_r^o للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^o$ و ضغط $1atm$
اذا علمت ان :

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

$S^o(CO) = 198\,J/K.mol$, $S^o(O_2) = 205\,J/K.mol$, $S^o(CO_2) = 214\,J/K.mol$

الحل

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [2S^o(CO_2)] - [2S^o(CO) + S^o(O_2)]$$
$$\Delta S_r^o = [2 \times 214\,]\,J/K.mol - [2 \times 198 + 205\,]J/K.mol$$
$$\Delta S_r^o = 428 - 396 - 205 = -173\,J/K.mol$$

تمرين 1-11

احسب التغير في الانتروبي المطلقة ΔS_r^o للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^o$ و ضغط $1atm$
اذا علمت ان :

$$4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$$



$S^o(Fe_2O_3) = 87\,J/K.mol$, $S^o(O_2) = 205\,J/K.mol$, $S^o(Fe) = 27\,J/K.mol$

الحل

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [2S^o(Fe_2O_3)] - [4S^o(Fe) + 3S^o(O_2)]$$
$$\Delta S_r^o = [2 \times 87\,]\,J/K.mol - [4 \times 27 + 3 \times 205\,]\,J/K.mol$$
$$\Delta S_r^o = 174\;J/K.mol - [108 + 615]\;J/K.mol$$
$$\Delta S_r^o = -549\,J/K.mol$$

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر



طاقة كبس الحرة:

تعريفها: وهي دالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية العمليات الفيزيائية والكيميائية وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانثالبي والانتروبي ويرمز لها بالرمز G .



اهميتها: التنبؤ بتلقائية التغيرات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية من عدمها .

حالاتها:

1) ΔG لها قيمة **سالبة** $(\Delta G < 0)$ ، يعني ان التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي يجري **تلقائياً** .
2) ΔG لها قيمة **موجبة** $(\Delta G > 0)$ ، يعني ان التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي يجري **غير تلقائي** .
3) ΔG تساوي **صفر** $(\Delta G = 0)$ يعني ان التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي في **حالة اتزان** .

معادلة كبس:

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	في ظروف غير قياسية
$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$	في $25C^o$ $(298K)$

ملاحظة:

1) يمكن استخدام معادلة كبس في جميع الدرجات الحرارية (اي في الظروف القياسية وغير القياسية) .
2) T — درجة الحرارة بالكلفن .
3) وحدة ΔG حسب النظام الدولي للوحدات SI هي (J/mol) (اي كما في ΔH) .

طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل ΔG_r^o :

تعريفها: هي التغير في الطاقة الحرة للتفاعل عندما يجري في الظروف القياسية ($25C^o$ و ضغط $1atm$) .

حسابها: تحسب من طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية (ΔG_f^o).

$$\Delta G_r^o = \sum n\Delta G_f^o\,(products) - \sum n\Delta G_f^o\,(reactants)$$

طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية ΔG_f^o :

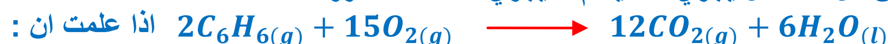
اهميتها: حساب ΔG_r^o من العلاقة اعلاه .

تعريفها: هي مقدار التغير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية في $25C^o$ و ضغط $1atm$.

ملاحظة: قيمة ΔG_f^o للعنصر الاثبت صورة تساوي صفراً ، اي $\Delta G_f^o(Element) = 0\ KJ/mol$

مثال 1-11

احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية ($25C^o$ و ضغط $1atm$) ، وبين هل التفاعل يجري تلقائيا ام لا يجري عند هذه الظروف ؟



$$2C_6H_{6(g)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

اذا علمت ان :

$\Delta G_f^o(C_6H_6) = 173\ KJ/mol$ و $\Delta G_f^o(CO_{2(g)}) = -394\ KJ/mol$ و $\Delta G_f^o(H_2O_{(l)}) = -237\ KJ/mol$

الحل

$$\Delta G_r^o = \sum n\Delta G_f^o\,(products) - \sum n\Delta G_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta G_r^o = [12\Delta G_f^o(CO_{2(g)}) + 6\Delta G_f^o(H_2O_{(l)})] - [2\Delta G_f^o(C_6H_6) + 15\Delta G_f^o(O_{2(g)})]$$
$$\Delta G_r^o = [12(-394) + 6(-237)] - [2 \times 173 + 15(0)]$$
$$\Delta G_r^o = [-4728 - 1422] - [346]$$
$$\Delta G_r^o = -6496\ KJ/mol$$

وبما ان القيمة سالبة فالتفاعل يجري بشكل **تلقائي**

تمرين 1-12

جد قيمة ΔG_r^o للتفاعل التالي عند الظروف القياسي $25C^o$ و ضغط $1atm$. وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً ام لا يحدث ؟



$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

اذا علمت ان : $\Delta G_f^o(NO_{2(g)}) = 52\ KJ/mol$ و $\Delta G_f^o(NO_{(g)}) = 87\ KJ/mol$ و

الحل

$$\Delta G_r^o = \sum n\Delta G_f^o\,(products) - \sum n\Delta G_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta G_r^o = [2\Delta G_f^o(NO_{2(g)})] - [2\Delta G_f^o(NO_{(g)}) + \Delta G_f^o(O_{2(g)})]$$
$$\Delta G_r^o = [2(52)] - [2 \times 87 + (0)] = 104 - 174 = -70\ KJ/mol$$

(تلقائي)



تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية:

س/ تعد معادلة كبس معادلة مهمة جداً عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية علل ذلك ؟
ج/ وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي ΔH والانتروبي ΔS ، اي بمعنى اخر يمكن معرفة التلقائية من ΔG عندما تكون معلومة .

العوامل المؤثرة على التلقائية(على اشارة ΔG):

1) الانثالبي (ΔH): حيث يكون التفاعل اكثر احتمالية للتلقائية (ΔG سالبة) عندما تكون ΔH سالبة (اي باعث) ، وسبب ذلك ليكون التفاعل باقل طاقة (اي اكثر استقراراً) .

2) الانتروبي (ΔS): حيث يكون التفاعل اكثر احتمالية للتلقائية (ΔG سالبة)عندما تكون ΔS موجبة (زيادة في العشوائية) وسبب ذلك (علل) هو لوجود ΔS ضمن الحد ($-T\Delta S$) حيث القيمة الموجبة لـ ΔS تجعل قيمة ΔG سالبة (اي تلقائي) .

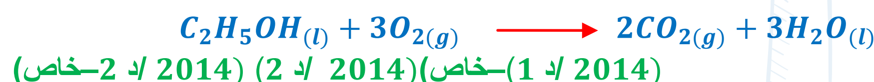
وبأختصـــــــــار فأن التفاعل يكون تلقائي دائماًعندما تكون قيمة ΔH سالبة و ΔS موجبة .

ملخص للعلاقة بين ΔG و ΔH و ΔS:

ΔH	ΔS	ΔG		مثال
$+$	$+$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $- \quad + \quad -(+)$ $+ \quad -$	ΔG سالبة (التفاعل تلقائي) عندما $T\Delta S > \Delta H$ اي بدرجات الحرارة العالية (التسخين)	$2HgO_{(S)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$
$+$	$-$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $+ \quad + \quad -(-)$ $+ \quad +$	ΔG موجبة دائماً اي غير تلقائي في جميع درجات الحرارة	$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$
$-$	$+$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $- \quad - \quad -(+)$ $- \quad -$	ΔG سالبة دائماً اي تلقائي في جميع درجات الحرارة	$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$
$-$	$-$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $- \quad - \quad -(-)$ $- \quad +$	ΔG سالبة (تلقائي) عندما $\Delta H > T\Delta S$ اي بدرجات الحرارة المنخفضة (التبريد)	$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(S)}$

مثال 1-12

للتفاعل الاتي :



$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

(2014 /د1)–خاص)(2014 /د 2) (2014 /د2–خاص)

بالاستعانة بالمعلومات الاتية :

المادة	$\Delta H_f^o \ KJ/mol$	$S^o \ J/K.mol$
C_2H_5OH	-278	161
O_2	0	205
CO_2	-394	214
H_2O	-286	70

احسب:
أ) ΔH_r^o
ب) ΔS_r^o
ج) ΔG_r^o عند الظروف القياسية

الحل

أ) حساب ΔH_r^o :

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [2\Delta H_f^o(CO_{2(g)}) + 3\Delta H_f^o(H_2O_{(l)})] - [\Delta H_f^o(C_2H_5OH) + 3\Delta H_f^o(O_{2(g)})]$$
$$\Delta H_r^o = [2(-394) + 3(-286)] - [-278 + 3(0)]$$
$$\Delta H_r^o = [-788 - 858 + 278]$$
$$\Delta H_r^o = -1368\ KJ/mol$$

ب) حساب ΔS_r^o:

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [2S^o(CO_2) + 3S^o(H_2O_{(l)})] - [S^o(C_2H_5OH) + 3S^o(O_2)]$$
$$\Delta S_r^o = [2 \times 214 + 3 \times 70\,] - [161 + 3 \times 205\,]$$
$$\Delta S_r^o = 428 + 210 - 161 - 615$$
$$\Delta S_r^o = -138\ J/K.mol$$

ملاحظة
في معادلة كبس يجب ان تكون
كل من ΔH و ΔS بنفس الوحدة

$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = \Delta S_r^o\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = -138\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o = -0.138\ KJ/K.mol$$

جـ) حساب ΔG_r^o : نحول درجة الحرارة من وحدة C^o الى وحدة الكلفن K :

$$T(K) = t(C^o) + 273$$
$$T(K) = 25(C^o) + 273 = 298K$$
$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$
$$\Delta G_r^o = -1368\ KJ/mol - 298K\ \ (-0.138KJ/K.mol)$$
$$\Delta G_r^o = -1368\ KJ/mol + 41KJ/mol)$$
$$\Delta G_r^o = -1327\ KJ/mol$$

والتفاعل تلقائي لان ΔG سالبة .

تمرين 1-13

احسب ΔG_r^o للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^o$ و ضغط $1atm$

$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ حيث تم حساب ΔH_r^o للتفاعل من قيم انثالبي التكوين القياسية وكانت تساوي $\Delta H_r^o = -3536\ KJ/mol$ ، وكذلك تم حساب ΔS_r^o وكانت تساوي $\Delta S_r^o = 374\ J/K.mol$

الحل

1) نحول وحدة ΔS الى KJ :

$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = \Delta S_r^o\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = 374J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o = 0.374\ KJ/K.mol$$

2) نحول درجة الحرارة الى الكلفن K :

$$T(K) = t(C^o) + 273$$
$$T(K) = 25(C^o) + 273 = 298K$$

3) حساب ΔG_r^o (من معادلة كبس) :

$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$
$$\Delta G_r^o = -3536\ KJ/mol - 298K\ \ (0.374\ KJ/K.mol)$$
$$\Delta G_r^o = -3536\ KJ/mol - 111.5KJ/mol)$$
$$\Delta G_r^o = -3647.5\ KJ/mol$$

والتفاعل تلقائي لان ΔG سالبة .

تمرين 1-14

اذا كان لدينا التفاعل الاتي : $HCOOH_{(l)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$ فاذا كانت قيمة ΔH_r^o للتفاعل تساوي $16\ KJ/mol$ والتغير في الانتروبي ΔS_r^o يساوي $234\ J/K.mol$ ، احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية $25C^o$ و ضغط $1atm$ ، وهل التفاعل تلقائي ام لا ؟

الحل

1) نحول وحدة ΔS الى KJ :

$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = \Delta S_r^o\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$

$$\Delta S_r^o KJ/K.mol = 234\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} \quad = 0.234\ KJ/K.mol$$

2) نحول درجة الحرارة الى الكلفن K :

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$

3) حساب ΔG_r^o (من معادلة كبس) :

$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$

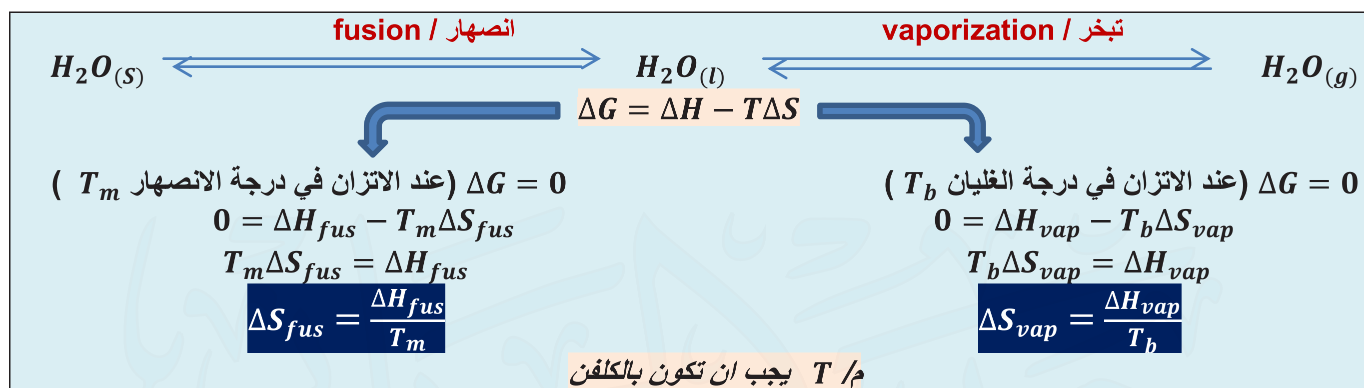
$$\Delta G_r^o = 16\ KJ/mol - 298K\ (0.234\ KJ/K.mol)$$

$$\Delta G_r^o = 16\ KJ/mol - 69.7KJ/mol)$$

$$\Delta G_r^o = -53.7\ KJ/mol$$

والتفاعل تلقائي لان ΔG سالبة .

حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية: (مثال الماء)



تمرين 1-15

احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي : (2013 /د 2)(2014 /د 1)-خاص)(2014 /د 1) (2016 /د 1) (2014 /د 2- خاص) (2017 /د 1) (2018/د3)



$\Delta H_{vap} = 44\ KJ/mol \quad H_2O_{(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$ عند درجة غليان الماء $100C^o$.

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر

الحل

1) $T(K) = t(C^o) + 273 = 100C^o + 273 = 373K$

2) $\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b} = \frac{44\ kJ/mol}{373\ k} = 0.118\frac{kJ}{k.mol} = 118\frac{J}{k.mol}$

علاقة تروتن:

تعريفها: وهي العلاقة التي تبين ان قيمة ΔS_{vap} لاغلب السوائل عند درجة غليانها تساوي قيمة ثابتة وهي $(85J/K.mol)$.

اهميتها: حساب انثالبي التبخر للسوائل ΔH_{vap} من معرفة درجة غليانها وحسب العلاقة الاتية $\frac{\Delta H_{vap}}{T_b} = 85J/K.mol$.

مثال 1-13

احسب انثالبي التبخر ΔH_{vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة KJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه تساوي $69C^o$. (2013 /د 1– خارج العراق) (2014 /د 1- املا الفراغات)(2014 /د 2)

الحل

1) نحول درجة الحرارة الى الكلفن K :

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 69(C^o) + 273 = 342K$$

2) ومن علاقة تروتن :

$$\frac{\Delta H_{vap}}{T_b} = 85J/K.mol$$

$$\Delta H_{vap} = 85J/K.mol \times 342K = 29070\ J/mol$$

3) ونحول وحدة J/mol الى وحدة KJ/mol كالاتي :

$$\Delta H_{vap}(KJ/mol) = 29070\ J/mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 29\ KJ/mol$$

اسئلة الفصل الاول

1 – 1) عرف المصطلحات الاتية : النظام ، المحيط ، المجموعة ، النظام المفتوح ، دالة الحالة ، النظام المعزول ،الجول ، النظام المغلق ، القانون الاول الثرموداينمكي . (راجع الملزمة)

1 – 2) ماهي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI) . (راجع الملزمة)

1 – 3) مالمقصود بالتعابير الاتية : الكيمياء الحرارية ، عملية باعثة للحرارة ، عملية ماصة للحرارة . (راجع الملزمة)

1 – 4) ماذا نعني بدالة الحالة :واعط مثالاً على كميتين تعدان دالة حالة ومثال على دالة مسار (دالة غير حالة) (راجع الملزمة)

1 – 5) لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية . (راجع الملزمة)

1 – 6) مالفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية ؟ ماهي وحدات هاتين الكميتين . (راجع الملزمة)

1 – 7) مالفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة مع اعطاء امثلة لكل منها . (راجع الملزمة)

1 – 8) صف المسعر الحراري الذي تتم بوساطته قياس الحرارة الممتصة او المنبعثة عند ثبوت الضغط (q_P) اي الانثالبي (ΔH) . (راجع الملزمة)

9-1 قطعة من الفضة كتلتها $360g$ وسعتها الحرارية $86J/C^o$ احسب حرارتها النوعية .

الحل:

$$C = S \times m \quad \Rightarrow \quad 86J/C^o = S \times 360g \quad \Rightarrow \quad S = 0.24\,J/g.C^o$$

10-1 قطعة من النحاس كتلتها $6g$ سخنت من $21C^o$ الى $124C^o$. احسب كمية الحرارة بوحدات الكيلوجول (kJ) ، اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس $(0.39\,J/g.C^o)$. ($0.006Kg$ -خارج العراق -1 د/ 2017)

الحل

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 124C^o - 21C^o = 103C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 0.39J/g.C^o \times 6g \times 103C^o = 241J$$

3) نحول الحرارة الى kJ

$$q(KJ) = 241J \times \frac{1\,kJ}{1000\,J} = 0.241\,KJ$$

11-1 احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (kJ) من $350g$ زئبق عند تبريدها من $77C^o$ الى $12C^o$ ، اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق $(0.14\,J/g.C^o)$.

الحل

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 12C^o - 77C^o = -65C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 0.14J/g.C^o \times 350g \times (-65C^o) = -3185J$$

3) نحول الحرارة الى kJ

$$q(KJ) = -3185J \times \frac{1\,kJ}{1000\,J} = -3.2\,KJ$$

12-1 اذا تم رفع درجة حرارة $34g$ من الايثانول من $25C^o$ الى $79C^o$ ، احسب كمية الحرارة الممتصة بوساطة الايثانول اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول $(2.44\,J/g.C^o)$.

الحل

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 79C^o - 25C^o = 54C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 2.44\,J/g.C^o \times 34g \times 54C^o = 4479.8\,J$$

13-1 سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها $155g$ من $25C^o$ الى $40C^o$ ، درجة حرارة، ما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها $5700\,J$ احسب الحرارة النوعية لهذه المادة . (2 د/ 2017) (تمهيدي/2016)

الحل

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 40C^o - 25C^o = 15C^o$$

2) نجد ς

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T \quad \Rightarrow \quad 5700\,J = \varsigma \times 155g \times 15C^o$$

$$\varsigma = 2.45\,J/g.C^o$$



14-1

$4.5g$ من حبيبات ذهب امتصت $276\ J$ من الحرارة عند تسخينها ،فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت $25C^o$ احسب درجة الحرارة النهائية اتي سخنت اليها ، اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب $0.13\ J/g.C^o$.

الحل

1) نجد ΔT

$$q = ς \times m \times \Delta T$$
$$276\ J = 0.13\ J/g.C^o \times 4.5g \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = 471.8C^o$$

2) نجد T_f :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$471.8C^o = T_f - 25C^o \Rightarrow T_f = 496.8\ C^o$$

15-1

جد قيمة ΔG_r^o للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$ الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية : $\Delta H_f^o(CO_{2(g)}) = -393.5\ KJ/mol$ ، $\Delta H_f^o(CO_{(g)}) = -110.5\ KJ/mol$

$S^o(CO_2) = 214\ J/K.mol$ ، $S^o(CO) = 198\ J/K.mol$ ، $S^o(O_2) = 205\ J/K.mol$

(2014 د2- احسب ΔG_f^o لـ CO و ΔG_f^o لـ CO_2 = $-394\ kJ/mol$) (2017 د2 – احسب ΔS_r^o) (2018 د2)

الحل

1) نجد ΔH_r^o

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\ (products) - \sum n\Delta H_f^o\ (reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [2\Delta H_f^o(CO_{2(g)})] - [2\Delta H_f^o(CO) + \Delta H_f^o(O_{2(g)})]$$
$$\Delta H_r^o = [2(-393.5)] - [2(-110.5) + 0]$$
$$\Delta H_r^o = [-787)] - [-221 + 0]$$
$$\Delta H_r^o = -787 + 221 = -566\ KJ/mol$$

2) نجد ΔS_r^o

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\ (products) - \sum nS^o\ (reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [2S^o(CO_2)] - [2S^o(CO) + S^o(O_2)]$$
$$\Delta S_r^o = [2 \times 214\ ] - [2 \times 198 + 205\ ]$$
$$\Delta S_r^o = [428] - [396 + 205]$$
$$\Delta S_r^o = 428 - 601 = -173J/K.mol$$

نحول وحدة ΔS الى $KJ/K.mol$:

$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = \Delta S_r^o\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o KJ/K.mol = -173\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = -0.173\ KJ/K.mol$$

3) حساب ΔG_r^o :

نحول درجة الحرارة من وحدة C^o الى وحدة الكلفن K

$$T(K) = t(C^o) + 273$$
$$T(K) = 25(C^o) + 273 = 298K$$
$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$
$$\Delta G_r^o = -566\ KJ/mol - 298K\ (-0.173KJ/K.mol)$$
$$\Delta G_r^o = -566\ KJ/mol + 51.6KJ/mol)$$
$$\Delta G_r^o = -514\ KJ/mol$$

والتفاعل تلقائي لان ΔG سالبة .

16-1

عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعتة الحرارية الكلية تساوي $2.4K\ J/C^o$ فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار $0.12C^o$ ، احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدات الجول . (2018 د2)

الحل

1) نجد q

$$q = C \times \Delta T = 2.4K\ J/C^o \times 0.12C^o = 0.288KJ$$

بما ان التفاعل في مسعر لذلك فأن q تكون سالبة (باعث) اي $q = -0.288KJ$

2) حساب ΔH بما التفاعل في مسعر مفتوح

$$\Delta H = q_p = -0.288KJ$$

3) نحول وحدة ΔH الى الجول:

$$\Delta H = -0.288KJ \times \frac{1000\ J}{1kJ} = -288J$$

17-1

اذا تم حرق عينة كتلتها $1.5g$ من حامض الخليك CH_3COOH (الكتلة المولية للحامض $= 60g/mol$) بوجود كمية وافية من الاوكسيجين ، وكان المسعر يحتوي على $750g$ من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2J/g.C^o$) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $24C^o$ الى $28C^o$ احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض ، على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة . (د 2/ 2013)

الحل

1) نجد ΔT

$$\Delta T = T_f - T_i = 28C^o - 24C^o = 4C^o$$

2) نجد q

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T = 4.2J/g.C^o \times 750g \times 4C^o = 12600\,J$$

3) بما ان الحرارة متحررة (منبعثة) لذا تعطى q اشارة سالبة اي :

$$q = -12600J$$

4) نجد عدد مولات الحامض المحترقة:

$$n = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{1.5\,g}{60\frac{g}{mol}} = 0.025mol$$

5) نجد الحرارة المتحررة (q) من احتراق $1mol$ من الحامض :

$$q = \frac{q\,(J)}{n\,(mol)} = \frac{-12600J}{0.025\,mol} = -504000\frac{J}{mol}$$

6) نجد الانثالبي ΔH : (بثبوت الضغط)

$$\Delta H = q_p = -504000\frac{J}{mol}$$

18-1

ماذ تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وماهي اوجة الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات .

الحل الظروف القياسية في تفاعلات الكيمياء هي درجة حرارة $25C^o$ ($298K$) وضغط $1atm$ ، اما الظروف القياسية للغازات (STP) فهي $0C^o$ ($273K$) وضغط $1atm$.

19-1

في مسعر حراري وضع $2.6g$ من الاستيلين C_2H_2 ($M = 26\,g/mol$) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي $130KJ$. احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت ان (د1-/ 2016 خ ق) (ت/2019)

$\Delta H^o_f(CO_{2(g)}) = -393.5\,KJ/mol$ و $\Delta H^o_f(H_2O_{(l)}) = -286\,KJ/mol$

الحل

1) نجد $n(mol)$

$$n = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{2.6\,g}{26\frac{g}{mol}} = 0.1mol$$

2) نجد q المتحررة من احتراق مول واحد من C_2H_2:

$$q = \frac{q\,(kJ)}{n\,(mol)} = \frac{130\,kJ}{0.1\,mol} = 1300\,KJ/mol$$

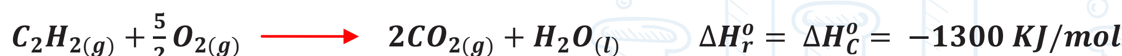
3) بما التفاعل في مسعر فأن q تكون سالبة:

$$q = -1300\,KJ/mol$$

4) بما التفاعل في مسعر مفتوح فأن

$$\Delta H = q_p = -1300\,KJ/mol$$

5) نكتب معادلة احتراق الاستيلين (على ان تحقق شروط الاحتراق اي حرق مول واحد مع O_2 حرقاً تاماً):



$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^o_r = \Delta H^o_C = -1300\,KJ/mol$$

6) نجد ΔH^o_f للاستيلين من ΔH^o_r :

$$\Delta H^o_r = \sum n\Delta H^o_f\,(products) - \sum n\Delta H^o_f\,(reactants)$$

$$\Delta H^o_r = [2\Delta H^o_f(CO_{2(g)}) + \Delta H^o_f(H_2O_{(l)})] - [\Delta H^o_f(C_2H_2) + \tfrac{5}{2}\Delta H^o_f(O_{2(g)})]$$

$$-1300 = [2(-393.5) + (-286)] - [\Delta H^o_f(C_2H_2) + 3(0)]$$

$$-1300 = [-787 - 286 - \Delta H^o_f(C_2H_2)]$$

$$\Delta H^o_f(C_2H_2) = +227\,KJ/mol$$

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر





20-1

احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H^o_f\ (Al_2O_3)$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H^o_C\ (Al)$ في التفاعل الاتي :

$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)} \quad \Delta H^o_r = -3340\ KJ/mol$ (2013 د/ 3-علل)

(2014 د/ 1) (تمهيدي2017 علل ΔH^o_f و ΔH^o_C لا تساوي ΔH^o_r) (2017 د/ 1 - موصل) (2017 د/ 3)

الحل

1) نجد ΔH^o_f لـ (Al_2O_3) يحل السؤال بطرق ثلاث:

- نقسم المعادلة اعلاه على العدد 2 لكي يتكون مول واحد من المادة الناتجة Al_2O_3 فينتج :

$$2Al_{(S)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H^o_f = \Delta H^o_r = -1670\ KJ/mol$$

- او نستخدم العلاقة الاتية :

$$\Delta H^o_f = \frac{\Delta H^o_r}{n_{\text{المتكونة}}} = \frac{-3340\ kJ}{2mol} = -1670\ KJ/mol$$

- او نستخدم قانون المجموع $\sum$

$$\Delta H^o_r = \sum n\Delta H^o_f\ (products) - \sum n\Delta H^o_f\ (reactants)$$
$$\Delta H^o_r = [2\Delta H^o_f(Al_2O_{3(S)})] - [4\Delta H^o_f(Al_{(S)}) + 3\Delta H^o_f(O_{2(g)})]$$
$$-3340 = [2\Delta H^o_f(Al_2O_{3(S)})] - [4(0) + 3(0)]$$
$$\Delta H^o_f = -1670\ KJ/mol$$

2) نجد ΔH^o_C لـ (Al) : يحل بطريقتين:

- نقسم المعادلة الاصلية على العدد 4 لكي يحترق مول واحد من الالمنيوم : المحترقة

$$Al_{(S)} + \frac{3}{4}O_{2(g)} \longrightarrow \frac{1}{2}Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H^o_C = \Delta H^o_r = -835\ KJ/mol$$

- او نستخدم العلاقة الاتية:

$$\Delta H^o_C = \frac{\Delta H^o_r}{n_{\text{المحترقة}}} = \frac{-3340\ kJ}{4mol} = -835\ KJ/mol$$

21-1

اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية . من المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^o$ وضغط $1atm$:

1) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^o_r = -185\ KJ$

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^o_r = -484\ KJ$

احسب ΔH^o_r للتفاعل الاتي : $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

(2017 – د1- موصل)

الحل

نص القانون وفائدته موجود في الملزمة .

ولايجاد ΔH^o_r للتفاعل اعلاه تعكس المعادلة (1) وتضرب بالعدد 2 لتعطي المعادلة (3) اما المعادلة (2) فتبقى كما هي :

3) $4HCl_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \qquad \Delta H^o_r = 370\ KJ$

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^o_r = -484\ KJ$ بالجمع



$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^o_r = -114\ KJ$

22-1

اذا اعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$. (2018/د2- خ ق)

1) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta H^o_r = 33\ KJ$

2) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H^o_r = 11\ KJ$

احسب ΔH^o_r للتفاعل الاتي : $2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H^o_r = ?\ KJ$

الحل:

المعادلة (1) تعكس وتضرب بالعدد 2 لتعطي المعادلة (3) اما المعادلة (2) فتبقى كما هي :

1) $2NO_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \qquad \Delta H^o_r = -66\ KJ$

2) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H^o_r = 11\ KJ$ بالجمع

$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H^o_r = -55KJ$

23-1

اذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$.

1) $FeO_{(S)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(S)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r^o = 25\ KJ/mol$

2) $3FeO_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)}$ $\Delta H_r^o = -318\ KJ/mol$

3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r^o = -242\ KJ$

احسب ΔH_r^o للتفاعل الاتي : $3Fe_{(S)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = ?KJ$

الحل

المعادلة (1) تعكس وتضرب بالعدد 3 لتعطي المعادلة (4)

المعادلة (2) تبقى كما هي

المعادلة (3) تعكس لتعطي المعادلة (5) وكالاتي:

4) $3Fe_{(S)} + 3H_2O_{(g)} \longrightarrow 3FeO_{(S)} + 3H_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -75\ KJ/mol$

2) $3FeO_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)}$ $\Delta H_r^o = -318\ KJ/mol$

3) $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = +242\ KJ$

احسب ΔH_r^o للتفاعل الاتي : $3Fe_{(S)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -151$

24-1

تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية : $CaCO_{3(S)} \longrightarrow CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$

قيمة ΔS_r^o للتفاعل $160\ J/K.mol$ فاذا علمت ان ΔH_f^o لكل من CO_2 , CaO , $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات KJ/mol $(-393.5$ ، -635 ، $-1207)$ جد :

1) ΔH_r^o للتفاعل ثم ارسم مخطط للطاقة

2) ΔG_r^o للتفاعل

3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي . (2 د/ 2015) (3- د/ 2016 ولكن ΔH_r^oمعلومة)

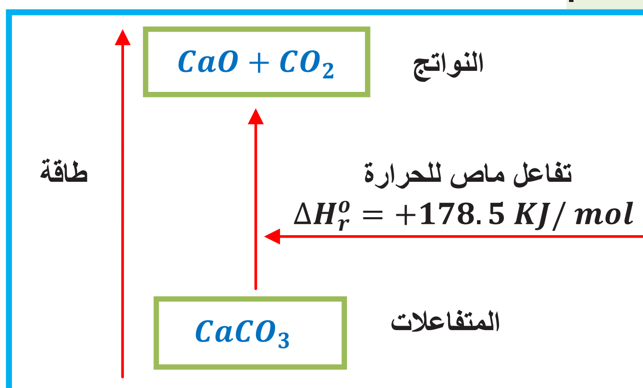
الحل:

1) نجد ΔH_r^o :

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o(products) - \sum n\Delta H_f^o(reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [\Delta H_f^o(CaO) + \Delta H_f^o(CO_2)] - [\Delta H_f^o(CaCO_3)]$$
$$\Delta H_r^o = [-635 + (-393.5)] - [-1207]$$
$$\Delta H_r^o = -635 - 393.5 + 1207$$
$$\Delta H_r^o = +178.5\ KJ/\ mol$$

ملاحظة: التفاعل اعلاه تفاعل تفكك وجميع تفاعلات التفكك ماصة .

وبما ان التفاعل ماص للحرارة فهذا يعني ان طاقة النواتج اكبر من طاقة المتفاعلات وحسب المخطط الاتي :





2) نجد ΔG_r^o :

نحول وحدة ΔS الى $KJ/K.mol$:

$$\Delta S_r^o\ KJ/K.mol = \Delta S_r^o\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$
$$\Delta S_r^o KJ/K.mol = 160\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.16\ KJ/K.mol$$

نجد $T(K)$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$

نطبق علاقة كبس :

$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$
$$\Delta G_r^o = +178.5\ KJ/mol - 298K\ (0.16KJ/K.mol)$$
$$\Delta G_r^o = +178.5\ KJ/mol - 47.68\ KJ/mol$$
$$\Delta G_r^o = +130.8\ KJ/mol$$

(التفاعل غير تلقائي)



3) ولكي يكون التفاعل تلقائي (ΔG سالبة) يجب ان يكون :

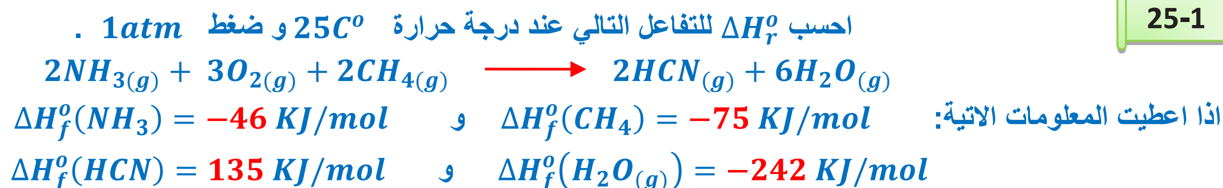
$$T\Delta S > \Delta H$$

$$T > \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T > \frac{+178.5\ KJ/mol}{0.16\ KJ/K.mol} \Rightarrow T > 1115.6K$$

اي التفاعل تلقائي في درجات الحرارة العالية (بالتسخين) .

25-1

احسب ΔH_r^o للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$.



$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

اذا اعطيت المعلومات الاتية: $\Delta H_f^o(CH_4) = -75\ KJ/mol$ و $\Delta H_f^o(NH_3) = -46\ KJ/mol$

$\Delta H_f^o(H_2O_{(g)}) = -242\ KJ/mol$ و $\Delta H_f^o(HCN) = 135\ KJ/mol$

الحل

نحسب ΔH_r^o من ΔH_f^o باستخدام قانون المجموع $\sum$:

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$

$$\Delta H_r^o = [2\Delta H_f^o(HCN) + 6\Delta H_f^o(H_2O)] - [2\Delta H_f^o(NH_3) + 3\Delta H_f^o(3O_2) + 2\Delta H_f^o(CH_4)]$$

$$\Delta H_r^o = [2(135) + 6(-242)] - [2(-46) + 3(0) + 2(-75)]$$

$$\Delta H_r^o = [270 - 1452] - [-92 - 150]$$

$$\Delta H_r^o = -1182 + 242$$

$$\Delta H_r^o = -940\ KJ/mol$$

26-1

احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(S)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية :



$$P_4O_{10(S)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(S)} + 2N_2O_{5(g)} \qquad \Delta H_r^o = -180\ KJ$$

ΔH_f^o للمركبات الاتية :

$\Delta H_f^o(HNO_3) = -174\ KJ/mol$ و $\Delta H_f^o(P_4O_{10}) = -2984\ KJ\ mol$ و $\Delta H_f^o(N_2O_5) = -43\ KJ\ mol$

الحل

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$

$$\Delta H_r^o = [4\Delta H_f^o(HPO_3) + 2\Delta H_f^o(N_2O_5)] - [\Delta H_f^o(P_4O_{10}) + 4\Delta H_f^o(HNO_3)]$$

$$-180 = [4\Delta H_f^o(HPO_3) + 2(-43)] - [-2984 + 4(-174)]$$

$$-180 = [4\Delta H_f^o(HPO_3) - 86] - [-2984 - 696]$$

$$-180 = 4\Delta H_f^o(HPO_3) - 86 + 3680$$

$$4\Delta H_f^o(HPO_3) = -3774\ KJ/mol$$

$$\Delta H_f^o(HPO_3) = -943.5\ KJ/mol$$

27-1

احسب ΔS_r^o للتفاعل الاتي عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$.

اذا علمت ان :



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

$S^o(N_2) = 192\ J/K.mol$, $S^o(H_2) = 131\ J/K.mol$, $S^o(NH_3) = 193\ J/K.mol$

الحل

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$

$$\Delta S_r^o = [2S^o(NH_3)] - [S^o(N_2) + 3S^o(H_2)]$$

$$\Delta S_r^o = [2 \times 193]\ J/K.mol - [192 + (3 \times 131)]\ J/K.mol$$

$$\Delta S_r^o = 386\ J/K.mol - [192 + 393]\ J/K.mol$$

$$\Delta S_r^o = 386\ J/K.mol - 585\ J/K.mol$$

$$\Delta S_r^o = -199\ J/K.mol$$

28-1

ماذا نعني بالعملية التلقائية . وضح ذلك ثم اعطي مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية . (ج// راجع الملزمة)

29-1

اي من العمليات التالية تلقائية وايها غير تلقائية :

أ) ذوبان ملح الطعام في الماء . (تلقائي)

ب) تسلق قمة ايفرست . (غير تلقائي)

ج) انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء قنينة العطر . (تلقائي)

د) فصل الهيليوم والنيون من مزيج الغازات . (غير تلقائي)

30-1

عرف الانتروبي ماهي وحدات الانتروبي حسب النظام الدولي للوحدات (SI) . (ج// راجع الملزمة)

31-1

للتفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$ احسب قيمة ΔS_r^o للتفاعل بوحدات $J/K.mol$ علماً بأن:

$\Delta G_f^o(H_2O) = -228\ KJ/mol$ و $\Delta H_f^o(H_2O) = -242\ KJ/mol$

(2015 /د 1)ولكن كالاتي: احسب ΔH_f^o لـ H_2O ، $\Delta S_r^o = -94\ J/K.mol$ و ΔG_f^o لـ $H_2O = -228\ KJ/mol$)

الحل

نجد ΔS_r^o من علاقة كبس بعد ايجاد ΔH_r^o و ΔG_r^o من قانون المجموع $\sum$ لكل منهما :

1) نجد ΔH_r^o :

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta H_r^o = [2\Delta H_f^o(H_2O)] - [2\Delta H_f^o(H_2) + \Delta H_f^o(O_2)]$$
$$\Delta H_r^o = [2(-242)] - [2(0) + 0] = -484\ KJ/\ mol$$

2) نجد ΔG_r^o :

$$\Delta G_r^o = \sum n\Delta G_f^o\,(products) - \sum n\Delta G_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta G_r^o = [2\Delta G_f^o(H_2O)] - [2\Delta G_f^o(H_2) + \Delta G_f^o(O_2)]$$
$$\Delta G_r^o = [2(-228)] - [2(0) + (0)] = -456\ KJ/mol$$

3) نجد ΔS_r^o : (من علاقة كبس)

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$
$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$
$$-456 = -484 - 298\,\Delta S_r^o$$
$$298\,\Delta S_r^o = -28$$
$$\Delta S_r^o = -0.094\ KJ/K.mol$$
$$\Delta S_r^o\,J/K.mol = \Delta S_r^o KJ/K.mol \times \frac{1000\,J}{1KJ}$$
$$\Delta S_r^o\,J/K.mol = -0.094\ KJ/K.mol \times \frac{1000\,J}{1KJ} = -94\,J/K.mol$$

ملاحظة: ΔH_f^o و ΔG_f^o تساوي صفر لغازي O_2 و H_2 لانهما بأثبت صورة

32-1

احسب ΔS_r^o للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$.

$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية :

$S^o(O_2) = 205\,J/K.mol$ و $S^o(SiH_4) = 206\,J/K.mol$

$S^o(2H_2O) = 70\,J/K.mol$ و $S^o(SiO_2) = 42\,J/K.mol$

الحل

$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [S^o(SiO_2) + 2S^o(H_2O)] - [S^o(SiH_4) + 2S^o(O_2)]$$
$$\Delta S_r^o = [42 + 2 \times 70\,] - [206 + 2 \times 205\,]$$
$$\Delta S_r^o = 42 + 140 - 206 - 410 = -434\,J/K.mol$$

ملاحظة: S^o للعنصر الاثبت صورة لا تساوي صفر .



33-1

اذا علمت ان قيمة ΔS_r^o للتفاعل التالي تساوي $137 J/K.mol$ عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$.
وان قيم $S^o(O_2) = 205\, J/K.mol$ فما قيمة S^o للاوزون O_3 .

$$2O_3 \longrightarrow 3O_2$$

الحل



$$\Delta S_r^o = \sum nS^o\,(products) - \sum nS^o\,(reactants)$$
$$\Delta S_r^o = [3S^o(O_2)] - [2S^o(O_3)]$$
$$137 = [3 \times 205\,] - [2S^o(O_3)]$$
$$137 = 615 \;\; - [2S^o(O_3)]$$
$$2S^o(O_3) = 478$$
$$S^o(O_3) = 239\, J/K.mol$$

34-1

عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وماهي وحداتها . (ج// راجع الملزمة)

35-1

اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO ، H_2 ، CH_3OH بوحدات $KJ/\,mol$ هي على التوالــــــي :
$(-284\;,\;-286\;,\;-727)$ احسب ΔH_r^o بأستخدام قانون هيــس للتفاعل الاتي:

$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$$

$(1 \text{ د } 2017)(3 \text{ د } 2016)$

الحل

بما ان الحل بطريقة استخدام قانون هيس لذلك لابد من كتابة معادلات الاحتراق للغازات الثلاثة (وبشرط احتراق مول واحد من المادة مع الاوكسجين حرقاً تاماً) وكالاتي :

التغيرات هي:



$$1)\quad CO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -\,284\; KJ/mol$$

تبقى كما هي



$$2)\quad H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -\,286\; KJ/mol$$

تضرب بالعدد 2



$$3)\quad CH_3OH_{(g)} + \tfrac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -\,727\; KJ/mol$$

تعكس

وبعد اجراء التغيرات اعلاه ، تصبح المعادلات كالاتي :



$$1)\quad CO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -\,284\; KJ/mol$$



$$2)\quad 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -\,572\; KJ/mol$$



$$3)\quad CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \longrightarrow CH_3OH_{(g)} + \tfrac{3}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = +727\; KJ/mol$$



$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$$

بالجمع:

$$\Delta H_r^o = -\,284 + (-572) + 727 = -129KJ$$

36-1

جد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية اذا علمت ان قيم ΔH و ΔS لها .

التفاعل A : $\Delta H = +126\; KJ/mol$ و $\Delta S = +48\, J/K.mol$

التفاعل B : $\Delta H = -12\; KJ/mol$ و $\Delta S = -105\, J/K.mol$

الحل

التفاعل A : يجب ان تكون الوحدات لكل من ΔH و ΔS هي نفسها ، لذلك يجب تحويل وحدة ΔS الى $KJ/K.mol$:

$$\Delta S\; KJ/K.mol = \Delta SJ/K.mol \times \frac{1\; kJ}{1000\, J}$$

$$\Delta S\; KJ/K.mol = +48J/K.mol \times \frac{1\; kJ}{1000\, J} \;\; = +0.048\; KJ/K.mol$$

وباستخدام علاقة كبس

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ولكي يكون التفاعل تلقائي $(\Delta G \;-\;)$ ،

$+\;\; [-(+)]$ يجب ان يكون $T\Delta S > \Delta H$

$+ \;\; -$

$$T > \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad \Rightarrow \quad T > \frac{126\; kJ/mol}{0.048KJ/K.mol} \quad \Rightarrow \quad T > 2625$$

اي بالتسخين يكون تلقائي

التفاعل : B يحل بنفس خطوات التفاعل A :

$$\Delta S\ KJ/K.mol = \Delta SJ/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$

$$\Delta SKJ/K.mol = -105J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = -0.105\ KJ/K.mol$$

وباستخدام علاقة كبس

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ولكي يكون التفاعل تلقائي $(-\ \Delta G)$ ،

$- \quad -(-)$ يجب ان يكون $\Delta H > T\Delta S$

$- \quad +$ او $T\Delta S < \Delta H$

اي بالتبريد يكون تلقائي $T < \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T < \frac{-12\ kJ/mol}{-0.105KJ/K.mol} \Rightarrow T < 114.3K$

37-1 من قيم ΔH و ΔS تنبأ باي التفاعلين التاليين يكون التفاعل تلقائياً عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$

التفاعل : A $\Delta H = +11\ KJ/mol$ و $\Delta S = +30\ J/K.mol$

التفاعل : B $\Delta H = +2\ KJ/mol$ و $\Delta S = +113\ J/K.mol$ (2016/تمهيدي)

اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائيا عند درجة $25C^o$ و ضغط $1atm$ ، فباي درجة حرارة قد يكون تلقائيين .

الحل

التفاعل : A

$$\Delta S\ KJ/K.mol = \Delta SJ/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$

$$\Delta SKJ/K.mol = 30J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.03\ KJ/K.mol$$

نطبق علاقة كبس

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$

$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$

$$\Delta G_r^o = +11KJ/mol - 298K(0.03)KJ/K.mol$$

$$\Delta G_r^o = +11KJ/mol - 8.94KJ/mol$$

$$\Delta G_r^o = +2.06\ KJ/mol$$

التفاعل غير تلقائي في $25C^o$ لان ΔG_r^o موجبة

- ولكي يكون التفاعل تلقائي (اي ΔG سالبة) يجب ان يكون الحد السالب $(T\Delta S)$ اكبر من الحد الموجب (ΔH):
  اي : $T\Delta S > \Delta H$

$$T > \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T > \frac{11\ KJ/mol}{0.03\ KJ/K.mol} \Rightarrow T > 366.7$$

اي بالتسخين يكون تلقائي

التفاعل: B

$$\Delta S\ KJ/K.mol = \Delta SJ/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$

$$\Delta SKJ/K.mol = 113J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.113\ KJ/K.mol$$

نطبق علاقة كبس

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$

$$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$$

$$\Delta G_r^o = +2KJ/mol - 298K(0.113KJ/K.mol)$$

$$\Delta G_r^o = +2KJ/mol - 33.7KJ/mol$$

$$\Delta G_r^o = -31.7\ KJ/mol$$

التفاعل تلقائي في $25C^o$ لان ΔG_r^o سالبة



38-1

التفاعل الاتي: $CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \longrightarrow CaCO_{3(S)}$ غير تلقائي بالظروف الاعتيادية بين حسابياً بأي درجة حرارة يصبح عندها التفاعل تلقائي عند ($627C^o$ او $927C^o$) اذا علمت ΔH_r^o للتفاعل تساوي $178.5\ KJ/mol$ و ΔS_r^o تساوي $160\ J/K.mol$ ؟ (1د/2019)

الحل

نجد ΔG لكلا الدرجتين بعد تحويل وحدة ΔS :

1) نحول وحدة ΔS الى $KJ/K.mol$:

$$\Delta S\ KJ/K.mol = \Delta S J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J}$$

$$\Delta S KJ/K.mol = 160 J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.16\ KJ/K.mol$$

2) نجد ΔG في درجة $627C^o$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 627 + 273 = 900K$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 178.5\ KJ/mol - 900K\ (0.16\ KJ/K.mol)$$

$$\Delta G = 178.5\ KJ/mol - 144\ KJ/mol$$

$$\Delta G = +34.5\ KJ/mol$$ (غير تلقائي)

3) نجد ΔG في درجة $927C^o$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 927 + 273 = 1200K$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 178.5\ KJ/mol - 1200K\ (0.16\ KJ/K.mol)$$

$$\Delta G = 178.5\ KJ/mol - 192\ KJ/mol$$

$$\Delta G = -13.5\ KJ/mol$$ (تلقائي)

تلقائي في درجة $927C^o$.

39-1

علل ماياتي على ضوء علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

1) عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية . (2013 د/ 3)(2014 /د2- خاص)(2015 د/ 1) (ت-2017) (ت-2018) (2018 د/ 1- خ ق) (ت/2019)

2) لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية . (2013 د/ 1) (2014/د1- خاص)(2014 د/ 3)(2015 د/ 2)

3) يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائيا ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه . (2013 د/ 1- خ ق)(2013 د/ 2) (2017 د/ 2- خ ق)

4) لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية . (2015 د/ 1- نازحين) (2016/تمهيدي) (2017 د/ 1) (2017 د/ 2- خ ق)

5) تفكك اوكسيد الزئبق II يكون تلقائي دائماً عند درجات الحرارة العالية وليس بالظروف الاعتيادية . (2017 د/ 1- خ ق)

6) لاينجمد الماء تلقائياً بالظروف الاعتيادية . (2014 د/ 1) (2018 د/ 1) (2018/د2- خ ق)

الحل ملاحظة: **تحل التعاليل من هذا النوع بثلاث خطوات وكالاتي :**

أ) كتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي .

ب) استنتاج الاشارات من السؤال لكل من ΔH و ΔS و ΔG .

ج) تطبيق معادلة كبس بالاشارات فقط وليس ارقام .

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر



1) عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية



$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

ΔH موجبة $(+)$ ماص لان العملية انصهار
ΔS موجبة $(+)$ زيادة في الانتروبي لانه انصهار
ΔG سالبة $(-)$ لانه تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$- = + \quad -(+)$
$- = + \quad -$
العملية تلقائية بسبب $T\Delta S > \Delta H$

2) لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

ملاحظة: جميع تفاعلات التفكك (التحلل) ماصة ΔH $(+)$



$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

ΔH موجبة $(+)$ ماص لانه تفكك
ΔS موجبة $(+)$ زيادة في الانتروبي بسبب تحول السائل الى غاز
ΔG موجبة $(+)$ لانه غير تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$+ = + \quad -(+)$
$+ = + \quad -$
التفاعل غير تلقائي بسبب $\Delta H > T\Delta S$

3) يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائيا ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه



$SO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2SO_{3(l)}$

ΔH سالبة $(-)$ لانه باعث من السؤال
ΔS سالبة $(-)$ لانه ذوبان غاز في سائل(نقصان في الانتروبي)
ΔG سالبة $(-)$ لانه تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$- = - \quad -(-)$
$- = - \quad +$
التفاعل تلقائي بسبب $\Delta H > T\Delta S$

ملاحظة: ذوبان الغاز في سائل ΔS سالبة $(-)$ اما ذوبان الصلب في سائل ΔS موجبة $(+)$

4) لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية



$CaCO_{3(S)} \longrightarrow CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$

ΔH موجبة $(+)$ ماص لانه تفكك
ΔS موجبة $(+)$ بسبب تحرر غاز من صلب
ΔG موجبة $(+)$ لانه غير تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$+ = + \quad -(+)$
$+ = + \quad -$
التفاعل غير تلقائي بسبب $\Delta \ \ \Delta H > T\Delta S$

5) تفكك اوكسيد الزئبق II يكون تلقائي دائماً عند درجات الحرارة العالية



$2HgO_{(S)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

ΔH موجبة $(+)$ ماص لانه تفكك
ΔS موجبة $(+)$ بسبب تحرر غاز من صلب
ΔG سالبة $(-)$ لانه تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$- = + \quad -(+)$
$- = + \quad -$
العملية تلقائية بسبب $T\Delta S > \Delta H$

6) لاينجمد الماء تلقائياً بالظروف الاعتيادية



$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(S)}$

ΔH سالب $(-)$ باعث لانه انجماد
ΔS سالبة $(-)$ نقصان في الانتروبي لانه العملية انجماد
ΔG موجبة $(+)$ لانه غير تلقائي من السؤال

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$+ = - \quad -(-)$
$+ = - \quad +$

العملية غير تلقائية بسبب $T\Delta S > \Delta H$



مسائـــــــــل وزاريـــــــــــة (خارجية) :

سؤال 2013 الدور الاول/ احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH_f^o لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفكك CO_2 هي $+394\ KJ/mol$ وأن حرارة التفاعل الاتي هي $\Delta H_r^o = -283\ KJ$ لـ

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

الحل:

نجد ΔH_f^o لغاز CO من قانون المجموع $(\sum)$:

$$\Delta H_r^o = \sum n\Delta H_f^o\,(products) - \sum n\Delta H_f^o\,(reactants)$$

$$\Delta H_r^o = [\Delta H_f^o(CO_{2(g)})] - [\Delta H_f^o(\mathrm{CO}) + \tfrac{1}{2}\Delta H_f^o(O_{2(g)})]$$

$$-283 = [-394] - \left[\Delta H_f^o(\mathrm{CO}) + \tfrac{1}{2}(0)\right]$$

$$\Delta H_f^o(\mathrm{CO}) = -394 + 283 = -111 KJ/mol$$

ملاحظة

1) $\Delta H_f^o(CO_2) = -394\ KJ/mol$ لان {حرارة التكوين = حرارة التفكك بعكس الاشارة}

2) يمكن حل السؤال اعلاه بطريقة ثانية من قانون هيس بعد كتابة معادلة التكوين لـ CO ومعادلة تفكك الـ CO_2 .

سؤال 2014 تمهيدي/ ذوبان ملح الطعام في الماء عملية تلقائية وهي ماصة للحرارة ، علل ذلك في ضوء علاقة كبس .

سؤال 2015 (د 1)/ للتفاعل الاتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

احسب ΔH_r^o ، ΔS_r^o ، ΔG_r^o عند الظروف القياسية بالاستعانة بالمعلومات الاتية:

المادة	$\Delta H_f^o\ \ KJ/mol$	$S^o\ \ J/K.mol$
CH_4	-75	186
O_2	0	205
CO_2	-394	214
H_2O	-286	70

ج/ $-780\,KJ/mol$ ، $-242\,J/K.mol$ ، $-708\,KJ/mol$

سؤال 2015 (د 2) (2018 د 3) احسب انثالبي التكوين القياسية للبروبان C_3H_8 اذا اعطيت المعلومات الاتية:



$$C_3H_8 + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^o = -2220\ KJ/mol$$



$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = +286\ KJ/mol$$



$$C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^o = -393.5\ KJ/mol$$

ج/ $-104.5\ KJ/mol$

سؤال (2016/ د 1)
يحترق البنزين C_6H_6 في الهواء ليبعث حرارة مقدارها $-3271\ KJ/mol$ ويعطي غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وسائل الماء ، احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH_f^o للبنزين اذا علمت ان انثالبية الاحتراق القياسية بوحدات KJ/mol لكل من الكرافيت $(C = -394)$ ، وللهيدروجين $(H_2 = -286)$. (الحل بطريقة هيس او قانون المجموع $\sum$)

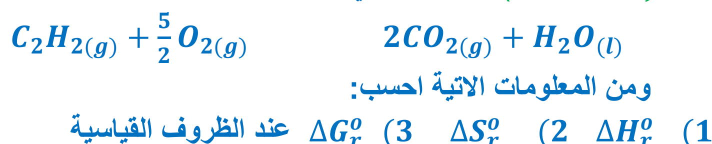
ج/ $49\ KJ/mol$

سؤال (2016/ د 2)/ علل :



ΔH_r^o للتفاعل الغازي: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ لاتساوي ΔH_f^o لـ H_2O .

سؤال (2016/ د 2)/ للتفاعل الاتي:



$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

ومن المعلومات الاتية احسب:
1) ΔH_r^o 2) ΔS_r^o 3) ΔG_r^o عند الظروف القياسية

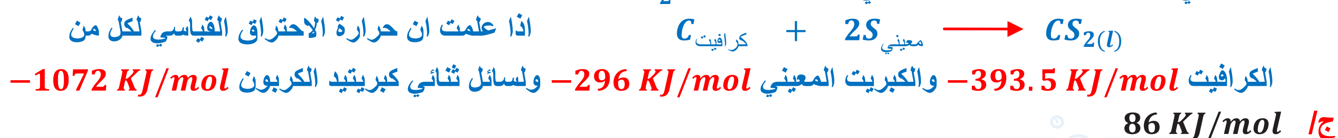
المادة	$\Delta H_f^o\ \ KJ/mol$	$S^o\ \ J/K.mol$
$C_2H_{2(g)}$	227	202
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

ج/ $-1301\ KJ/mol$ ، $-216.5\ J/K.mol$ ، $-1236\ KJ/mol$

سؤال (2016/ د 3)/ علل على ضوء علاقة كبس :
عملية تبخر الماء عملية تلقائية .

سؤال (2016/ د 3)
تبريد غاز H_2 من $90C^o$ الى $30C^o$ يؤدي الى .... في الانتروبي .

سؤال (2016/ د 3)/
احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب ثنائي كبريتيد الكاربون CS_2 من عناصره الاساسية بأثبت صورها:



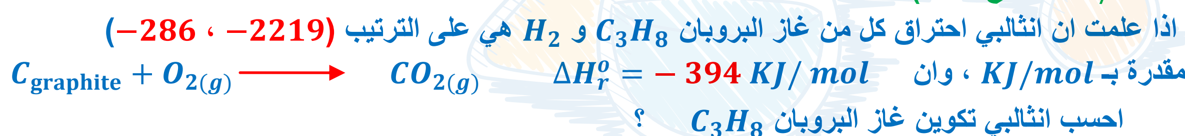
$C_{\text{كرافيت}} + 2S_{\text{معيني}} \longrightarrow CS_{2(l)}$ اذا علمت ان حرارة الاحتراق القياسي لكل من الكرافيت $-393.5\ KJ/mol$ والكبريت المعيني $-296\ KJ/mol$ ولسائل ثنائي كبريتيد الكربون $-1072\ KJ/mol$

ج/ $86\ KJ/mol$

(2017/ د 1 خارج القطر)
اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز الايثان C_2H_6 والاثيلين C_2H_4 و H_2 هي على الترتيب $(-1560 ، -1411 ، -286)$ مقدرة بـ KJ/mol ، احسب ΔH_r^o للتفاعل الغازي: $C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$ بأستخدام قانون هيس .

(2017 – د1- موصل)
ينجمد الماء تلقائياً بدرجات الحرارة المنخفضة جداً وليس بدرجات الحرارة الاعتيادية .

(2018/ د 1 خارج القطر)
اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز البروبان C_3H_8 و H_2 هي على الترتيب $(-2219 ، -286)$ مقدرة بـ KJ/mol ، وان



$C_{graphite} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -394\ KJ/\ mol$

احسب انثالبي تكوين غاز البروبان C_3H_8 ؟


الطابعي



الفصـــل الثاني

الاتزان الكيميائي

الاستاذ حبيب الجنابـــــي

الاستاذ حبيب الجنابـــــي

2020




الطابعي


التفاعل الكيميائي:
هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة او المواد التي تفاعلت في البداية .

المعادلة الكيميائية: هي اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على النواتج .

انواع التفاعلات:

1) **التفاعلات غير الانعكاسية:** التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها عند ظروف معينة استهلاك تام لاحد اوجميع المواد المتفاعلة ولايكون للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها .

مثال:

1) تفاعلات الاحتراق كما في احتراق البنزين: (راجع تفاعلات الاحتراق الفصل 1)



$$C_6H_{6(g)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

2) تفاعلات التعادل (تفاعل الحامض مع القاعدة) :



$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

2) **التفاعلات الانعكاسية:** هي التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة اخرى .

مثال:

1) تفاعل الاسترة (تفاعل الحامض الكاربوكسيلي مع الكحول لتكوين الاستر والماء لاحظ فصل العضوية)



$$CH_3COOH_{(l)} + CH_3CH_2OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

2) تفاعل كيميائي



$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

3) تفاعل كيميائي



$$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$$

4) تغير فيزيائي



$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

ملاحظة: في التفاعلات الانعكاسية يجب ان تجري في نظام مغلق عندما تحتوي على غازات في المتفاعلات او النواتج .

ملخص:

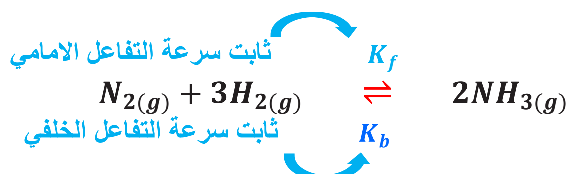
التفاعلات غير الانعكاسية	التفاعلات الانعكاسية
1- تتجه بأتجاه واحد (امامي فقط)	- تتجه بأتجاهين متعاكسين (امامي وخلفي)
2- المواد الناتجة لاتتفاعل مع بعضها	- المواد الناتجة تتفاعل لتعطي المتفاعلات
3- تفاعلات تامة	- تفاعلات غير تامة
4- يشار لها بسهم واحد $\rightarrow$	- يشار لها بسهمين متعاكسين $\rightleftharpoons$
5- ليس لها حالة اتزان ولا K_{eq}	- لها حالة اتزان و K_{eq}

ملاحظة: الاتزان الكيميائي يخص التفاعلات الانعكاسية فقط .

التفاعلات الانعكاسية وحالة الاتزان:

الاتزان الكيميائي: حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليس حالة اتزان استاتيكي (ساكن) تصل اليها اغلب *التفاعلات الانعكاسية* عندما تصبح معدل سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين متساوية ، فتكون تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عندها ثابتة دون تغير مالم يحدث اي تغيير على الظروف التي يتم عندها التفاعل ، لذا يبدو التفاعل في تلك الحالة قد توقف . (عرف- 2013/د3)

مثال:

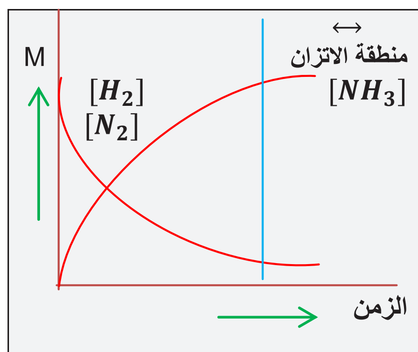


توضيح :

التفاعل الامامي يكون سريعاً في البداية ثم يقل (R_f – سرعة التفاعل الامامي)
التفاعل الخلفي يكون بطيئاً في البداية ثم يزداد (R_b- سرعة التفاعل الخلفي)
وعند الوصول الى الاتزان فان
(سرعة التفاعل الخلفي = سرعة التفاعل الامامي) اي ($R_f = R_b$)



والشكل الاتي يمثل وصول التفاعل اعلاه الى حالة الاتزان:



ملاحظة: عند الاتزان تتساوى السرع ولكن لا يشترط ان تتساوى التراكيز(انما تكون ثابتة) ولا يشترط ان تتساوى الثوابت

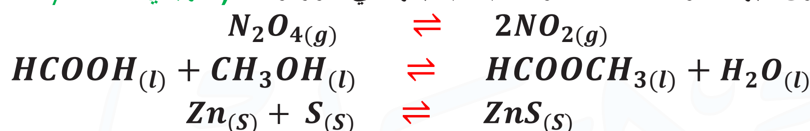
س// تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة ،علل ذلك؟ (2د/2013)

ج// (تعليل 8 اسئلة الفصل)

انواع التفاعلات الانعكاسية:

1) التفاعلات الانعكاسية المتجانسة: التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد (تمهيدي2017/2013)

مثال:



الطور الغازي: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

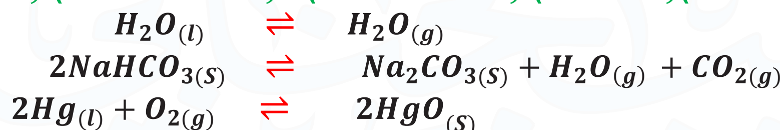
الطور السائل: $HCOOH_{(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightleftharpoons HCOOCH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$

الطور الصلب: $Zn_{(S)} + S_{(S)} \rightleftharpoons ZnS_{(S)}$

2) التفاعلات الانعكاسية الغير المتجانسة: التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد .

(1د/2013)(2د/ 2014) (1د/2015 -خاص) (3د/2017- موصل) (1د/2018 -1 خ ق)

مثال:



طورين سائل وغاز: $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

طورين صلب وغاز: $2NaHCO_{3(S)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(S)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

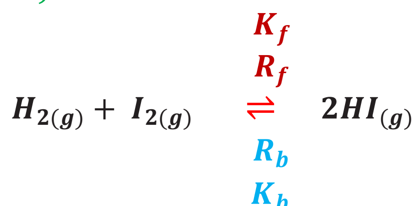
3 اطوار(غاز وسائل وصلب): $2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(S)}$

حالة الاتزان وقانون فعل الكتلة:

حالة الاتزان الكيميائي: وهي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليس حالة اتزان استاتيكي(ساكن) يصل اليها التفاعل الانعكاسي عند الاتزان وتكون سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين متساوية . (2د/2014- خاص)

قانون فعل الكتلة: عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلا منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة . (2د/2013) (2د/2016) (3د/2016) (2د/2018- خ ق)

مثال:



$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{R_b,\ K_b}{\overset{K_f,\ R_f}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$$

بحيث:

$R_f = K_f[H_2][I_2]$ (سرعة التفاعل الامامي)

$R_b = K_b\,[HI]^2$ (سرعة التفاعل الخلفي)

ثابت الاتزان: نأخذ التفاعل الافتراضي الاتي:



وعند تطبيق قانون فعل الكتلة فأن:

سرعة التفاعل الامامي: $R_f = K_f[A]^a[B]^b$

سرعة التفاعل الخلفي: $R_b = K_b[G]^g[H]^h$

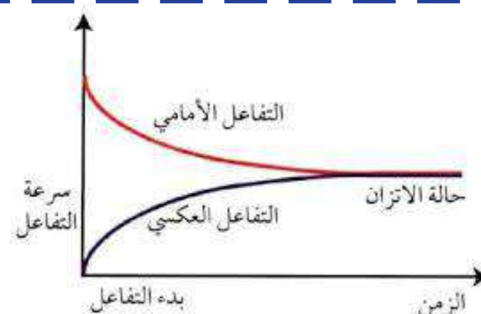
وعند الوصول الى حالة الاتزان فأن :

سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي

$$(R_f = R_b)$$

$$K_b[G]^g[H]^h = K_f[A]^a[B]^b$$

$$\frac{k_f}{k_b} = \frac{[G]^g\,[H]^h}{[A]^a[B]^b}$$



$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b}$$

حيث K_{eq} ثابت الاتزان
وهو النسبة بين ثابت سرعة التفاعل الامامي k_f
وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b

ملاحظة:
1) K_{eq} له قيمة ثابتة بثبوت درجة الحرارة وتتغير بتغيرها .
2) K_{eq} خالي من الوحدات

مثال 1-2

التفاعل المتزن الاتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وجد ان ثابت سرعة التفاعل الامامي k_f يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq} للتفاعل ؟

الحل:

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين 1-2

تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.02 ، احسب ثابت سرعة التفاعل الامامي k_f . (2019/ت) (2016/د1) (2014/د1)

الحل:

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b} \Rightarrow 4.24 = \frac{k_f}{0.02} \Rightarrow k_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

انواع ثابت الاتزان K_{eq}



$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

(تفاعل افتراضي عام)

K_C – ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية

تعريفه: حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماعلى حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كلا منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة .
ويكتب كالاتي:

$$K_C = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b}$$

ملاحظات//

1) في قانون K_C تدخل المواد في الحالة الغازية (g) والمحلول المائي (aq) فقط ، اما المواد الصلبة (S) والسائلة (L) فلا تدخل في القانون لان تركيزها يبقى ثابتاً ولا يتغير .
2) التراكيز يجب ان تكون بالمولارية M ، واذا اعطى في السؤال عدد مولات n نجد M كالاتي:

$$M = \frac{n(mol)}{v(l)}$$

K_P- ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية

تعريفه: حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كلا منها مرفوع الى اس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
ويكتب كالاتي:

$$K_P = \frac{P_G^g\,P_H^h}{P_A^a\,P_B^b}$$

ملاحظات//

1) في قانون K_P تدخل المواد في الطور الغازي (g) فقط .
2) الضغط يجب ان يكون بوحدة atm علماً ان :
$$1\,atm = 760\,Torr$$
(لاحظ سؤال 22 من اسئلة الفصل) .
3) يجب التمييز بين K_P و K_b

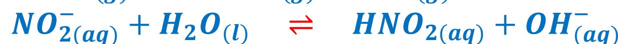


مثال 2-2

اكتب ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية بدلالة التراكيز المولارية :



1) $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$



2) $NO^-_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HNO_{2(aq)} + OH^-_{(aq)}$



3) $CaCO_{3(S)} + 2HCl_{(aq)} \rightleftharpoons CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

الحل:

1) $K_C = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$

2) $K_C = \frac{[HNO_2]\,[OH^-]}{[NO_2^-]}$

3) $K_C = \frac{[CaCl_2][CO_2]}{[HCl]^2}$



مثال 3-2

اكتب ثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية للتفاعلات الاتية :



1) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$



2) $2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(S)}$

الحل:

1) $K_P = \frac{P^2_{NH_3}}{P^3_{H_2}\;P_{N_2}}$

2) $K_P = \frac{1}{P_{O_2}}$

تمرين 2-2

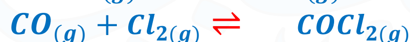
اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_C وثوابت للتفاعلات الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_P التالية ان امكن :



1) $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$



2) $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$



3) $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$



4) $H_2O_{(g)} + C_{(S)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$



5) $2ZnS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$



6) $C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$



7) $2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$

الحل:

1) $K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$ — $K_P = \frac{p^2_{CO}\,p_{O_2}}{p^2_{CO_2}}$

2) $K_C = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$ — $K_P = \frac{p^2_{O_3}}{p^3_{O_2}}$

3) $K_C = \frac{[COCl_2]}{[CO]\,[Cl_2]}$ — $K_P = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO}\,P_{Cl_2}}$

4) $K_C = \frac{[CO][H_2]}{[H_2O]}$ — $K_P = \frac{P_{CO}\,P_{H_2}}{P_{H_2O}}$

5) $K_C = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$ — $K_P = \frac{p^2_{SO_2}}{p^3_{O_2}}$

6) $K_C = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$ — لا يحسب K_P لعدم وجود غاز

7) $K_C = \frac{[NH_3]^2}{[NO_2]^2\,[H_2]^7}$ — $K_P = \frac{p^2_{NH_3}}{p^2_{NO_2}\;p^7_{H_2}}$



حساب ثابت الاتزان K_{eq}

تكون مسائل ثابت الاتزان بأنواع مختلفة وكالاتي:

1) ايجاد ثابت الاتزان بصورة مباشرة:
اي عندما تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة (او الضغوط الجزيئية) معلومة عند الاتزان .

مثال 2-4

جد قيمة K_{eq} للتفاعل الاتي : $2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$
اذا علمت ان التراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي :

$[CH_4] = 0.02$ M , $[C_2H_2] = 0.05$ M , $[H_2] = 0.143$ M

الحل:
بما ان المعطى تراكيز مولارية وعند الاتزان لذلك يحسب K_C وبصورة مباشرة :

$$K_C = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH_4]^2} = \frac{(0.05)\ (0.143)^3}{(0.02)^2} = 0.37$$

تمرين 2-3

جد قيمة K_{eq} للتفاعل الاتي عند $100C^o$ $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ اذا علمت ان
التراكيز لمواد التفاعل عند حصول حالة الاتزان هي كالاتي: $[N_2O_4] = 0.002$ M و $[NO_2] = 0.017$ M

الحل:
الحل كذلك بصورة مباشرة:

$$K_C = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{(0.002)}{(0.017)^2} = 6.92$$

---

2) طريقة استخدام الجدول: وفي هذه الحالة تكون المسائل بعدة انواع منها :

1) تكون قيمة ثابت الاتزان (K_C و K_P) معلومة ، والتراكيز او الضغوط الابتدائية معلومة ، والمطلوب تراكيز او ضغوط عند الاتزان (لاحظ مثال 2-5 و تمرين 2-4) .

2) تكون التراكيز او الضغوط الابتدائية معلومة ، وتركيز او ضغط جزئي لاحد المواد المتفاعلة او الناتجة معلوم عن الاتزان ، والمطلوب ايجاد قيمة ثابت الاتزان (لاحظ مثال 2-6) .

3) قيمة الثابت معلومة ، والتراكيز عند الاتزان معلومة ، والمطلوب تراكيز ابتدائية (تمرين 2- 6) .



توضيح للجدول: الجدول يتكون من ثلاث مراحل وكالاتي:

التراكيز الابتدائية (او الضغوط)	وهي التراكيز التي تضع في بداية التفاعل(سواء كانت معلومة او مجهولة)، و تمثل التركيز الكلي ، وتعرف من السؤال عندما يذكر كلمة (خلط ، وضع ، ادخل ، مزج ، سخن ، ....)
التغير في التراكيز (او الضغوط)	وهو يمثل تركيز المتفاعل او المستهلك او المتغير او المتفكك او المتحلل ، ويفرض بـ nx حيث n عدد المولات من المعادلة علماً المتفاعلات نقصان (−) والنواتج زيادة (+)
التراكيز عند الاتزان (او الضغوط)	وتمثل التركيز النهائي اي التركيز المتبقي للمادة المتفاعلة او المتكون للمادة الناتجة

ملاحظة: ((التركيز الابتدائي = التغير بالتركيز + التركيز عند الاتزان))



مثال 2-5

في التفاعل الاتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

خلط $0.5mol$ من H_2 و $0.5mol$ I_2 في وعاء حجمة لتر وبدرجة حرارة $400C^o$ وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 5.29 احسب تراكيز المواد التي تمثل مزيج الاتزان ($\sqrt{5.29} = 2.3$) .

الحل:

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{0.5\ mol}{1L} = 0.5 mol/L$$

((M $= n(mol)$ فأن $V = 1L$ عندما))

2) كتابة الجدول:

M	$H_{2(g)}$ +	$I_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.5	0.5	0.0
التغير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$0.5-x$	$0.5-x$	$2x$

3) نجد قيمة x من K_C :

$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \Rightarrow 5.29 = \frac{[2x]^2}{[0.5-x]^2}$$ اخذ الجذر التربيعي √ للطرفين:

$$2.3 = \frac{2x}{0.5-x} \Rightarrow 2x = 1.15 - 2.3x$$ ضرب وسطين في طرفين

$$4.3x = 1.15 \Rightarrow x = \frac{1.15}{4.30} = 0.267\ mol/L$$

4) نجد التراكيز عند الاتزان :

$$[H_2] = [I_2] = 0.5 - x = 0.500 - 0.267 = 0.233\ mol/L$$
$$[HI] = 2x = 2(0.267) = 0.534\ mol/L$$

مثال 2-6

في احد التجارب العلمية ادخل $0.625mol$ من غاز N_2O_4 في وعاء سعته $5L$ فتفكك الغاز حسب التفاعل التالي وبدرجة حرارة معينة . وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي يساوي $0.025mol/L$ احسب قيمة K_C لهذا التفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ (تمهيدي/2016)

الحل:

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{0.625mol}{5L} = 0.125\ mol/L$$

2) كتابة الجدول:

M	$N_2O_{4(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.125	0.0
التغير في التراكيز	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$0.125-x$ 0.025	$2x$

3) نجد قيمة x من تركيز N_2O_4 المتبقي :

بما ان $[N_2O_4]$ عند الاتزان يساوي تركيزه المتبقي لذا فأن قيمة x تحسب كالاتي:

$$0.125 - x = 0.025 \Rightarrow x = 0.125 - 0.025 = 0.1\ mol/L$$

اما $[NO_2]$ عند الاتزان فهو :

$$[NO_2] = 2x = 2(0.1) = 0.2\ mol/L$$

3) حساب K_C :

نجد K_C من التراكيز عند الاتزان

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0.2)^2}{0.025} = \frac{0.040}{0.025} = 1.6$$

تمرين 2-4

للتفاعل الاتي : $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

وضع في اناء حجمه لتر واحد $0.4mol$ من كل من H_2 و Br_2 وبدرجة حرارة $425C^o$ ، احسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان اذاعلمت ان ثابت الاتزان لهذا التفاعل K_C يساوي 0.25 .

الحل:

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{0.4mol}{1L} = 0.4\ mol/L$$

2) كتابة الجدول:

M	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.4	0.4	0.0
التغير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$0.4-x$	$0.4-x$	$2x$

3) نجد قيمة x من K_C :

$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.25 = \frac{[2x]^2}{[0.4-x]^2}$$

اخذ الجذر التربيعي √ للطرفين:

$$0.5 = \frac{2x}{0.4-x} \Rightarrow 2x = 0.2 - 0.5x$$

ضرب وسطين في طرفين

$$2.5x = 0.2 \Rightarrow x = \frac{0.2}{2.5} = \frac{2}{25} = \frac{8}{100} = 0.08\ mol/L$$

4) نجد التراكيز عند الاتزان :

$$[H_2] = [Br_2] = 0.4 - x = 0.40 - 0.08 = 0.32\ mol/L$$
$$[HBr] = 2x = 2(0.08) = 0.16\ mol/L$$

تمرين 2-5

للتفاعل $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في اناء حجمه لتر $0.8mol$ من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد تفككت . احسب K_C .

(وزاري- 2014/د3 – ولكن $1.6mol$ في $2L$)

الحل:

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{0.8mol}{1L} = 0.8\ mol/L$$

2) كتابة الجدول:

M	$2CO_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$	$+O_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.8	0.0	0.0
التغير في التراكيز	$-2x$	$+2x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	$0.8-2x$	$2x$	x

3) نجد قيمة x من تركيز CO_2 المتفكك :

$$[CO_2]_{المتفكك} = \frac{0.8}{2} = 0.4\ mol/L$$
$$\because\ [CO_2]_{المتفكك} = 2x$$
$$\therefore\ 2x = 0.4\ mol/L \Rightarrow x = 0.2\ mol/L$$

4) نجد التراكيز عند الاتزان :

$$[CO_2] = 0.4\ mol/L$$ (وهو التركيز المتبقي اي نصف الكمية ايضاً)
$$[CO] = 2x = 2(0.2) = 0.4\ mol/L$$
$$[O_2] = x = 0.2\ mol/L$$

3) حساب K_C :

$$K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} = \frac{(0.4)^2(0.2)}{(0.4)^2} = 0.2$$



تمرين 6-2

في التفاعل الغازي الاتي: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

وضعت كميات مختلفة (مولات مختلفة) من H_2 و N_2 في اناء سعة لتر وعند وصول التفاعل لحالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي $0.3mol$ وما تبقى من N_2 يساوي $0.2mol$. ماعدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما ان ثابت بان ثابت الاتزان K_C للتفاعل يساوي 200 . (تمهيدي/2017)

الحل:

1) التركيز المولاري: بما ان الحجم $1L$ فالتركيز المولاري يساوي عدد المولات

2) الفرضية:

نفرض ان عدد مولات H_2 الابتدائية تساوي y

نفرض ان عدد مولات N_2 الابتدائية تساوي z

3) كتابة الجدول:

M	$3H_{2(g)}$ +	$N_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
التراكيز الابتدائية	y	z	0.0
التغير في التراكيز	$-3x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$y-3x$	$z-x$	$2x$

4)

نجد قيمة x من تركيز H_2 المستهلك : $3x = 0.3mol \Rightarrow x = 0.1mol$

نجد قيمة z من تركيز N_2 المتبقي : $z - x = 0.2mol \Rightarrow z - 0.1 = 0.2mol \Rightarrow z = 0.3mol$

نجد قيمة y من K_C والتراكيز عند الاتزان:

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{(y-0.3)^3)(0.2)}$$

$$(y-0.3)^3 = \frac{0.2}{200} \Rightarrow (y-0.3)^3 = \frac{1}{1000}$$ (اخذ $\sqrt[3]{}$)

$$y - 0.3 = 0.1 \Rightarrow y = 0.4\ mol$$

مثال 7-2

للتفاعل الغازي الاتي: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$

في وعاء مغلق حجمة لتر واحد وجد ان ضغط غاز SO_3 قبل تفككة يساوي $3atm$ عند درجة حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي لخليط الغازات يساوي $4atm$ احسب K_P للتفاعل عند الاتزان .

الحل:

نجد K_P من الضغوط الجزيئية عند الاتزان بعد ايجاد قيمة x من الضغط الكلي P_T وكالاتي (بثلاث خطوات):

1) كتابة الجدول:

الضغط/ atm	$2SO_{3(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2SO_{2(g)}$ +	$O_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	3	0.0	0.0
التغير في الضغوط	$-2x$	$+2x$	$+x$
الضغوط عند الاتزان	$3-2x$	$2x$	x

2) نجد قيمة x من P_T :

(الضغط الكلي) P_T = مجموع الضغوط الجزيئية لمزيج الغازات عند الاتزان :

$$P_T = P_{SO_3} + P_{SO_2} + P_{O_2}$$
$$4atm = 3 - 2x + 2x + x$$
$$x = 1\ atm$$

3) نجد الضغوط الجزيئية عند الاتزان:

$$P_{SO_3} = 3 - 2x = 3 - 2(1) = 1\ atm$$
$$P_{SO_2} = 2x = 2(1) = 2\ atm$$
$$P_{O_2} = x = 1atm$$

4) حساب K_P :

$$K_P = \frac{p^2_{SO_2}\ p_{O_2}}{p^2_{SO_3}} = \frac{(2^2)\ (1)}{(1)^2} = 4$$

ملاحظة: (قانون P_T بدون اس (عدد المولات) لان الاس في قانون K_P) .



انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر



العلاقة بين ثابتي الاتزان K_C و K_P

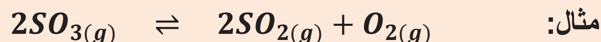
$K_P = K_C\,(RT)^{\Delta n_g}$ او $K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$

حيث: $R = 0.082\,\frac{L.atm}{k.\,mol}$ ،،، T – درجة الحرارة بالكلفن

اما Δn_g فتحسب *للغازات فقط* وكالاتي: $\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants)$

ولها ثلاث حالات : (2018/ د2 – تتوقف العلاقة بين الثابتين على Δn_g بين ذلك مع كتابة العلاقة)

1) $\Delta n_g > 0$ (لها قيمة +) ،، فـــأن: $K_P > K_c$

مثال:  $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$

2) $\Delta n_g < 0$ (لها قيمة –) ،، فـــأن: $K_P < K_c$

مثال:  $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

3) $\Delta n_g = 0$ (لها قيمة –) ،، فـــأن: $K_P = K_c$

مثال:  $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

مثال 2-8

في تفاعل ما $\Delta n_g = -1$ و $K_C = 4.1$ بدرجة حرارة $227C^o$ فما قيمة K_P لهذا التفاعل .

الحل:

نحول درجة الحرارة من وحدة C^o الى K : $T(K) = t(C^o) + 273 = 227 + 273 = 500K$

$$K_P = K_C\,(RT)^{\Delta n_g} = 4.1\,(0.082 \times 500)^{-1} = 4.1\,(41)^{-1} = \frac{4.1}{41} = 0.1$$

(لاحظ K_P اقل من K_C لان Δn_g سالبة)

مثال 2-9

افترض حصول الاتزان للتفاعل الاتي عند درجة حرارة $300K$: $NH_4HS_{(S)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$

ووجد ان قيم الضغوط الجزئية لكل من غازي النواتج عند حصول الاتزان تساوي $0.3atm$. احسب K_P و K_C للتفاعل .

(2013 /تمهيدي) (2013/د2) (2014/د2 ولكن 0.4 atm في 27 C°)

الحل:

1) حساب K_P من الضغوط عند الاتزان : $K_P = P_{NH_3} \times P_{H_2S} = 0.3 \times 0.3 = 0.09$

2) حساب Δn_g : $\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 0 = 2$

3) حساب K_C من K_P :

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 0.09(0.082 \times 300)^{-2} = \frac{0.09}{(24.6)^2} = \frac{0.09}{605.16} = 1.5 \times 10^{-4}$$

ملاحظة: (المادة الصلبة لا تدخل في قانون Δn_g)

تمرين 2-7

احسب قيمة K_C للتفاعل المتزن التالي عند $500C^o$ اذا علمت ان قيمة K_P للتفاعل تساوي 1.5×10^{-5} عند درجة الحرارة نفسها .  $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

الحل:

1) حساب Δn_g : $\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - (3 + 1) = -2$

2) نجد $T(K)$: $T(K) = t(C^o) + 273 = 500 + 273 = 773K$

3) حساب K_C من K_P :

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 1.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 773)^{-(-2)} = 1.5 \times 10^{-5}(63.4)^{+2} = 0.06$$



تمرين 2-8

اذا كانت K_C تساوي 1.6 عند $1000C^o$ بالنسبة للتفاعل الاتي : $C_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$
احسب ضغط CO الجزئي في حالة الاتزان عندما يكون الضغط الجزئي لغاز CO_2 يساوي $0.6atm$.
(وزاري 2014/د1- خاص)

الحل:

نجد P_{CO} من K_P بعد ايجاده من K_C وكالاتي:

1) حساب Δn_g :
$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 1 = 1$$

2) نجد $T(K)$:
$$T(K) = t(C^o) + 273 = 1000 + 273 = 1273K$$

3) نجد K_P من K_C :
$$K_P = K_C\,(RT)^{\Delta n_g} = 1.6\,(0.082 \times 1273)^1 = 1.6(104.4) = 167$$

4) نجد P_{CO} :
$$K_P = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2}} \Rightarrow 167 = \frac{P^2_{CO}}{0.6} \Rightarrow P^2_{CO} = 100 \Rightarrow P_{CO} = 10atm$$

اهمية ثابت الاتزان K_{eq}

1) **تحديد اتجاه التفاعل :** يمكن توضيح ذلك كالاتي:

مثال: فأذا كان $K_C = 100$ $A \rightleftharpoons B$ فهذا يعني:	مثال: $K_C = 0.01$ $A \rightleftharpoons B$ فهذا يعني:
$K_C = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow 100 = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow [B] = 100[A]$	$K_C = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow 0.01 = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow [A] = 100[B]$
اي ان تركيز $[B]$ المتكون هو اكبر من $[A]$ بمئة مرة اي ان تركيز النواتج اكبـــــــــــر من تركيز المتفاعلات اي التفاعل يتجه بالاتجاه الامامي .	اي ان تركيز $[A]$ المتفاعل هو اكبر من $[B]$ بمئة مرة اي ان تركيز المتفاعلات اكبـــــــــــر من تركيز النواتج اي التفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي .

الخلاصة: (2017 /د 1 – ما هي العلاقة)

1) اذا كانت قيمة K_{eq} كبيرة جداً $(K_{eq} \gg 1)$ فأن تركيز النواتج اكبر من تركيز المتفاعلات والتفاعل بالاتجاه الامامي $(\rightarrow)$
2) اذا كانت قيمة K_{eq} صغيرة جداً $(K_{eq} \ll 1)$ فأن تركيز المتفاعلات اكبر من تركيز النواتج والتفاعل بالاتجاه الخلفي $(\leftarrow)$
3) اذا كانت قيمة K_{eq} تساوي الواحد الصحيح$(K_{eq} \cong 1)$ فأن تركيز النواتج يساوي تركيز المتفاعلات .

مثال 2-10

من قيم ثوابت الاتزان K_C لكل من التفاعلات التالية تنبا بحالة الاتزان لها :

1) $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ $\quad K_C = 1 \times 10^{-95}$
2) $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ $\quad K_C = 8 \times 10^{28}$
3) $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\quad K_C = 1.1$

الحل:

1) التفاعل الاول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا ، اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة H_2 وF_2 ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية (اي التفاعل بالاتجاه الخلفي) .

2) التفاعل الثاني قيمه ثابت الاتزان كبيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المادة الناتجة SO_3 قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال وان تراكيز المواد المتفاعلة كمية ضئيلة جدا SO_2 و O_2 التي بقيت من دون تفاعل (اي بالاتجاه الامامي) .

3) التفاعل الثالث قيمه ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح لذا فعند حالة الاتزان تكون كمية المواد المتفاعلة (غازي N_2 و H_2) وكمية المواد الناتجة (غاز NH_3) متقاربة في تراكيزها .

تمرين 2-9

من قيم ثوابت الاتزان K_C لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها :

1) $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ $K_C = 1 \times 10^{-81}$

2) $2CO_{(g)} + 2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{2(g)}$ $K_C = 0.99$

3) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ $K_C = 4.4 \times 10^{32}$

الحل:

1) التفاعل الاول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا ، اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة H_2 و O_2 ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا التفاعل يكاد لايحدث من الناحية العلمية (اي التفاعل بالاتجاه الخلفي) .

2) التفاعل الثاني قيمه ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح لذا فعند حاله الاتزان تكون كمية المواد المتفاعلة (غازي Cl_2 و CO) وكمية المواد الناتجة (غاز $COCl_2$) متقاربة في تراكيزها .

3) التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المادة الناتجة HCl قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال وان تراكيز المواد المتفاعلة كمية ضئيلة جدا Cl_2 و H_2 التي بقيت من دون تفاعل (اي بالاتجاه الامامي) .

---

2) العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة: (اي ايجاد د ثابت الاتزان لتفاعل ما من تفاعل اخر له ثابت اتزان معلوم) وحسب القواعد الثلاث الاتية:

القاعدة الاولى (اذا عكس اتجاه تفاعل ما فأن ثابت الاتزان الجديد يساوي مقلوب ثابت الاتزان الاول) اي : $K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}}$

القاعدة الثانية: (اذا ضربت معادلة تفاعل ما في رقم معين فأن ثابت الاتزان الجديد قيمة ثابت الاتزان الاول مرفوع الى اس يساوي ذلك المعامل) . اي : $K_{C2} = (K_{C1})^{\text{الرقم}}$

ملاحظة

1) (المعادلة التي لها K_C معلوم تعتبرهي المعادلة الاولى والاصلية ولذلك نقول K_{C1})

2) (يمكن في السؤال الواحد استخدام كلا القاعدتين (تمرين 2-11))

مثال 2-11

اذا كان ثابت الاتزان عند $100C^o$ للتفاعل التالي يساوي 0.36 $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية عند درجة الحرارة نفسها :

2) $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$

3) $\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)}$

الحل:

ثابت الاتزان للمعادلة الاولى (في السؤال):

$$K_{C1} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 0.36$$

المعادلة الثانية هي عكس المعادلة الاولى (القاعدة الاولى):

$$K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

المعادلة الثالثة ناتجة من ضرب المعادلة الاولى بالعدد $\frac{1}{2}$ (القاعدة الثانية) :

$$K_{C3} = (K_{C1})^{\frac{1}{2}} = \sqrt{0.36} = 0.6$$

تمرين 2-10

للتفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ ثابت الاتزان K_P له $= 0.39$ بدرجة حرارة $227C^o$ ، فما قيمة K_C للتفاعل $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ بدرجة الحرارة نفسها .

الحل:

1) نجد K_{C1} للتفاعل الاول من K_{P1} وكالاتي: (القاعدة الاولى)

$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 1 - 2 = -1$$

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 227 + 273 = 500K$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} = 0.39(0.082 \times 500)^{-(-1)} = 0.39(41)^1 = 16$$

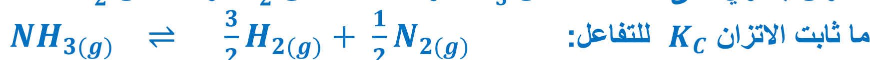
2) المعادلة الثانية هي عكس المعادلة الاولى :

$$K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

(ويمكن حل السؤال ايضاً من ايجاد K_{P2} من K_{P1} ثم من العلاقة نجد K_{C2}) .



تمرين 2-11 للتفاعل الغازي: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان يحتوي على 0.02 M من NH_3 و 0.1 M من N_2 وكذلك من H_2 . (2د/2014 - خاص)



ما ثابت الاتزان K_C للتفاعل: $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$

الحل:

1) نجد K_{C1} للتفاعل الاول من التراكيز عند الاتزان:

$$K_{C1} = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.02)^2}{(0.1)^3(0.1)} = 4$$

2) المعادلة الثانية معكوس المعادلة الاولى ومضروبة بالعدد $\frac{1}{2}$: (القاعدة الاولى والثانية)

$$K_{C2} = \frac{1}{\sqrt{K_{C1}}} = \frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

تمرين 2-12 وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمة لتر واحد وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم $0.2mol$ حسب التفاعل الاتي: $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$ ، فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لاناء اخر حجمه $1L$ الناتج من خليط غازي البروم والهيدروجين بكميات $2mol$ لكل منها .
(وزاري- 2د/2013) (3د/2018)

الحل: المطلوب ايجاد عدد مولات غاز HBr عند الاتزان للاناء الثاني ولكن بعد ايجاد ثابت الاتزان له (K_{C2}) من K_{C1} لتفاعل الاناء الاول وكالاتي:

الاناء الاول: نجد K_{C1} لتفاعل الاناء الاول :

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} \Rightarrow [HBr] = \frac{1\ mol}{1\ L} = 1\ mol/L$$

2) كتابة الجدول:

M	$2HBr_{(g)}$ $\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0.0	0.0
التغير في التراكيز	$-2x$	$+x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	$1-2x$	x	x

3) نجد قيمة x من تركيز Br_2 المتكون : (ومنه نجد تركيز H_2 و HBr عند الاتزان)

$[Br_2] = 0.2 = x\ mol/L$ المتكون

$[H_2] = x = 0.2\ mol/L$

$[HBr] = 1 - 2x = 1 - 2(0.2) = 1 - 0.4 = 0.6\ mol/L$

4) حساب K_C :

$$K_{C1} = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{(0.2)^2}{(0.6)^2} = \frac{1}{9}$$

الاناء الثاني:

1) نجد K_{C2} للاناء الثاني :

$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$ $K_{C1} = \frac{1}{9}$ (تفاعل الاناء الاول)

$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ $K_{C1} = ?$ (تفاعل الاناء الثاني)

بما ان التفاعل الثاني هو معكوس التفاعل الاول (القاعدة الثانية) لذا فأن:

$$K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}} = \frac{1}{\frac{1}{9}} = 9$$

2) كتابة الجدول:

M	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	2	2	0.0
التغير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$2-x$	$2-x$	$2x$

3) نجد قيمة x من K_{C2}:

$$K_{C2} = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 9 = \frac{(2x)^2}{(2-x)^2} \Rightarrow 3 = \frac{2x}{2-x} \Rightarrow x = 1.2mol/L$$

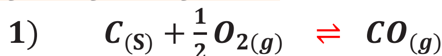
4) نجد عدد مولات HBr المتكونة عند الاتزان :

$[HBr] = 2x = 2(1.2) = 2.4\ mol/L$

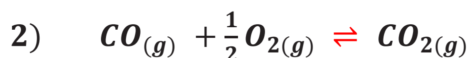
$n(mol)HBr = 2.4mol/L \times 1L = 2.4mol$

القاعدة الثالثة: (اذا كان التفاعل ناتجاً من مجموع عدد من التفاعلات فأن ثابت الاتزان للتفاعل الكلي يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي ينتج عن مجموعها) . اي $K_C = K_{C1} \times K_{C2} \times \ldots$

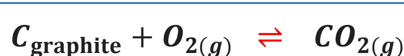
توضيح:



1) $C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}$ $\quad K_{C1} = \frac{[CO]}{[O_2]^{\frac{1}{2}}}$



2) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $\quad K_{C2} = \frac{[CO_2]}{[CO][O_2]^{\frac{1}{2}}}$



بالجمع $C_{graphite} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $\quad K_C = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$

بما ان التفاعل الاخير ناتج من مجموع التفاعل (1) والتفاعل (2) ،

لذا فأن :

$$K_C = K_{C1} \times K_{C2} = \frac{[CO]}{[O_2]^{\frac{1}{2}}} \times \frac{[CO_2]}{[CO][O_2]^{\frac{1}{2}}} = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$$

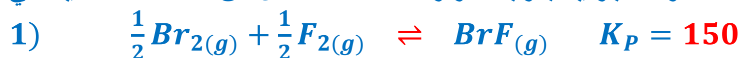
ملاحظة:

1) القاعدة تشبه قانون هيس من حيث كيفية ايجاد التفاعل المطلوب من مجموعة تفاعلات .

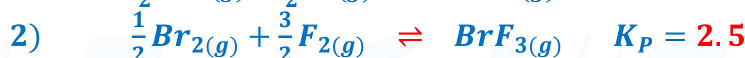
2) عند تطبيق القواعد الثلاثة على المعادلات يجب التمييز بين لـ ΔH (الفصل الاول) و K_C في هذا الفصل .

تمرين 13-2

وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة $2000K$ لكل من التفاعلات الاتية هي:



1) $\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}$ $\quad K_P = 150$



2) $\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)}$ $\quad K_P = 2.5$

احسب ثابت الاتزان K_C للتفاعل :



$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)}$

الحل:

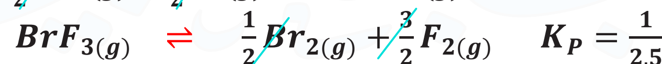
1) نجد K_P:

بما ان BrF_3 يوجد في نواتج المعادلة الثانية لذلك تعكس لكي يكون في متفاعلات المعادلة المطلوبة ، اما المعادلة الاولى فتبقى كما هي لان BrF في النواتج وكما ياتي:

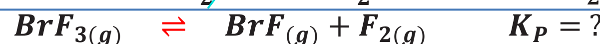




$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}$ $\quad K_P = 150$



$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)}$ $\quad K_P = \frac{1}{2.5}$



بالجمع $BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)}$ $\quad K_P = ?$

$$K_P = K_{P1} \times K_{P2} = 150 \times \frac{1}{2.5} = 60$$

2) نجد K_C من K_P :

$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 1 = +1$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} = 60(0.082 \times 2000)^{-1} = \frac{60}{164} = 0.365$$

حاصل التفاعل Q :

تعريفه:

وهو قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصوله الى حالة الاتزان ويعبر عن حاصل التفاعل بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن ثابت الاتزان ولكن لحاصل التفاعل لاتكون التراكيز المستخدمة بالضرورة هي قيم التراكيز عند حالة الاتزان.

س// متى نجد Q ؟

ج// عندما يعطي في السؤال تراكيز المتفاعلات والنواتج ولا نعرف اتجاه التفاعل .

اهميته: التنبؤ بحالة الاتزان او اتجاه سير التفاعل من خلال مقارنته مع K_C وحسب العلاقات الاتية:

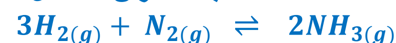
(ما هي العلاقة بين K_C و Q – د2 /2017)

1) اذا كان $K_C = Q$ فأن التفاعل في حالة اتزان (اي تراكيز المتفاعلات والنواتج تبقى ثابتة) .

2) اذا كان $K_C > Q$ فأن التفاعل يتجه بالاتجاه الامامي (اي تراكيز النواتج اقل من تراكيزها في حالة الاتزان) .

3) اذا كان $K_C < Q$ فأن التفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي (اي تراكيز النولتج اعلى من تراكيزها في حالة الاتزان) .





مثال 12-2

ثابت الاتزان للتفاعل :

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عند $500C^o$ هو 0.06
ادرس الحالات التالية وقرر اتجاه سير التفاعل
(علماً التراكيز معبر عنها بوحدة mol/L) :

	$[NH_3]$	$[N_2]$	$[H_2]$
1	0.001	0.00001	0.002
2	0.0002	0.000015	0.354
3	0.0001	5	0.01

(ت/2019 – بتغير المعادلة والتراكيز)

الحل:

نجد قيمة Q لكل حالة ونقارنها مع قيمة K_C للتنبؤ بأتجاه سير التفاعل :

1)
$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3(0.00001)} = 12.5 \times 10^6$$

بما ان $Q > K_C$ ، لذا فالتفاعل يسير بالاتجاه الخلفي .

2)
$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.0002)^2}{(0.354)^3(0.000015)} = 0.06$$

بما ان $Q = K_C$ ، لذا فالتفاعل في حالة اتزان وتراكيز المواد ثابتة .

3)
$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3(5)} = 0.002$$

بما ان $Q < K_C$ ، لذا فالتفاعل يسير بالاتجاه الامامي .

تمرين 14-2

للتفاعل الغازي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ ثابت الاتزان K_C له يساوي 9

1) هل ان مزيج مكون من $2mol$ من كل من الغازت H_2 ، N_2 ، NH_3 في وعاء مغلق حجمه $1L$ يمثل حالة الاتزان

2) لو افترضنا ان المزيج غير متزن ما حجم الاناء اللازم لجعله متزناً ؟ (د 1/ 2015)

الحل:

1) نحسب المولارية للتراكيز الابتدائية:

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{2mol}{1L} = 2\ mol/L$$

2) نجد Q ويقارن مع K_C :

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} = \frac{(2)^2}{(2)^3(2)} = \frac{1}{4} = 0.25$$

بما ان $Q < K_C$ ، لذا فالتفاعل يسير بالاتجاه الامامي ، اي ليست حالة اتزان .

3) نجد حجم الاناء (V) من المولارية (M) لتراكيز المواد عند الاتزان في علاقة K_C :

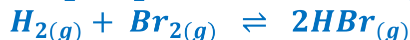
$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow 9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3\left(\frac{2}{V}\right)}$$

$$9 = \frac{V^2}{2^2} \Rightarrow V^2 = 36$$

$$V = 6L$$

تمرين 2-15

في اناء حجمه $2L$ سخن $1.4mol$ من مزيج من الغازات HBr و H_2 و Br_2 الى درجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل الى حالة الى حالة الاتزان .



$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

(فاذا علمت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr من غازي H_2 و Br_2 بدلالة الضغوط الجزئية K_P يساوي 0.25) ، فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان ؟

($K_C = 0.5$ ، $0.4mol$ ، $v = 2l$ خارج القطر- د 1 /2017)

($4L$ ، $2.8mol$ /موصل – د1 /2017) ($1L$ ، $0.7mol$ /خاص – د1 /2015) (خارج القطر/ 2013)

الحل:

يحل السؤال بالخطوات الاتية:

1) نجد M من عدد المولات والحجم :

$$M = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{1.4mol}{2L} = 0.7 \frac{mol}{L}$$ (لكل من HBr و H_2 و Br_2)

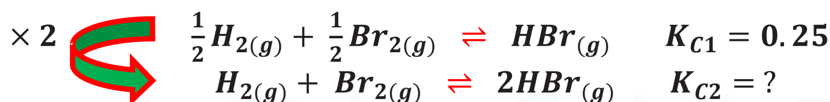
2) نجد K_C من K_P لمعادلة تكوين مول واحد من HBr:



$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons HBr_{(g)} \qquad K_P = 0.25$$

بما ان $\Delta n_g = 0$ لذلك فأن : $K_C = K_P = 0.25$ (وهو يعتبر K_{C1})

3) نجد K_{C2} من K_{C1} :



$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons HBr_{(g)} \qquad K_{C1} = 0.25 \qquad \times 2$$

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)} \qquad K_{C2} = ?$$

بما ان التفاعل الثاني هو ناتج من ضرب التفاعل الاول بالعدد 2 لذلك فان :

$$K_{C2} = (K_{C1})^2 = (0.25)^2 = 0.0625$$

4) نجد حاصل التفاعل Q لمعرفة اتجاه التفاعل :

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

0.7 M   0.7 M   0.7 M

$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{(0.7)^2}{(0.7)^2} = 1$$

بما ان $K_C < Q$ ، لذا فالتفاعل يسير بالاتجاه الخلفي .

5) كتابة الجدول:

M	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$ ⇌	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.7	0.7	0.7
التغير في التراكيز	$+x$	$+x$	$-2x$
التراكيز عند الاتزان	$0.7 + x$	$0.7 + x$	$0.7 - 2x$

6) نجد قيمة x من K_C :



$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.0625 = \frac{(0.7-2x)^2}{(0.7+x)^2} \quad \surd$$

$$0.25 = \frac{(0.7-2x)}{(0.7+x)} \Rightarrow 0.7 - 2x = 0.175 + 0.25x$$

$$2.25x = 0.525 \Rightarrow x = \frac{0.525}{2.25} = 0.233mol/L$$

7) نجد التراكيز المولارية عند الاتزان:

$$[H_2] = [Br_2] = 0.7 + x = 0.700 + 0.233 = 0.933mol/L$$

$$[HBr] = 0.7 - 2x = 0.7 - 2(0.233) = 0.700 - 0.466 = 0.234mol/L$$

8) نجد عدد المولات لمزيج المواد عند الاتزان :

$$M = \frac{n(mol)}{V(L)} \Rightarrow n(mol) = M \times V(L)$$

$$nH_2 = nBr_2 = 0.933mol/L \times 2L = 1.866mol$$

$$nHBr = 0.234mol/L \times 2L = 0.468mol$$



العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وقيمة حاصل التفاعل Q

للتفاعل الاتي : $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

فأن:

$$\Delta G = \Delta G_r^o + RTLnQ$$

حيث ان :
- ΔG – الطاقة الحرة غير القياسية
- ΔG_r^o – الطاقة الحرة القياسية
- R – ثابت الغازات بوحدات الطاقة ويساوي ($R = 8.314 \frac{J}{K.mol}$)
- T – درجة الحرارة بالكلفن
- Q – حاصل التفاعل ويساوي ($Q = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b}$) للتفاعل الافتراضي اعلاه .

وعند الوصول الى حالة الاتزان فأن :

$\Delta G = 0$

$Q = K_{eq}$ لذا تصبح المعادلة اعلاه اعى الصورة الاتية:

$$\Delta G_r^o = -RTLnK_{eq}$$



س/ تعتبر المعادلة اعلاه من اهم المعادلات في علم الثرموداينميك ، علل ذلك ؟

ج/ لانها تمكننا من ايجاد ΔG_r^o عندما K_{eq} او العكس ، اي معرفة التلقائية من عدمها ومعرفة اتجاه التفاعل وحسب الجدول الاتي:

K_{eq}	LnK_{eq}	ΔG_r^o	الملاحظات
$K_C > 1$	موجبة	سالبة	التفاعل تلقائي بالاتجاه الامامي
$K_C = 1$	0	0	التفاعل في حالة اتزان (تراكيز المتفاعلات والنواتج متساوية)
$K_C < 1$	سالبة	موجبة	التفاعل غير تلقائي بالاتجاه الامامي ويسير تلقائي بالاتجاه الخلفي

ملاحظة:

1) وحدة ΔG_r^o في القانون اعلاه هي ($\frac{J}{mol}$)
2) K_{eq} قد يكون K_C او K_P او K_W (سؤال 34 اسئلة الفصل)
3) على الطالب مراجعة قوانين Ln في مقدمة الفصل الاول صـ 2 .

مثال 13-2

اذا علمت ان ΔG^o للتفاعل تساوي $\Delta G^o = -104KJ/mol$ عند درجة حرارة $25C^o$ و ضغط $1atm$

$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(l)} + CHCl_{3(g)}$ احسب ثابت الاتزان K_{eq} عند الظروف نفسها .

(معلومة : $Ln1.7 \times 10^{18} = 42$) (2017 /د 1 – موصل/ $K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$ ، $\Delta G^o = ?$ ، $Log1.7 = 0.23$)

الحل:

1) نحول درجة الحرارة من وحدة C^o الى K :

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25(C^o) + 273 = 298K$$

2) يجب ملاحظة توحيد وحدات R مع ΔG^o :

(بحيث ان كليهما يجب ان يعبر عنها بالجول (J) وبما ان وحدة ΔG^o بوحدة KJ فيجب تحويلها الى وحدة J)

$$\Delta G_r^o(J/mol) = \Delta G_r^o(KJ/mol) \times \frac{1000(J)}{1(KJ)}$$

$$\Delta G_r^o(J/mol) = -104KJ/mol \times \frac{1000(J)}{1(KJ)} = -104000J/mol$$ (تلقائي)

3) نجد K_{eq} من ΔG_r^o :

$$\Delta G_r^o = -RTLnK_{eq}$$

$$-104000J/mol = -8.314J/K.mol \times 298K \times LnK_{eq}$$

$$LnK_{eq} = 42$$

$\because \quad Ln1.7 \times 10^{18} = 42$

$\therefore \quad LnK_{eq} = Ln1.7 \times 10^{18}$

$$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$$

وهذه القيمة كبيرة جداً ما يعني ان تراكيز النواتج كبيرة جداً وتراكيز المتفاعلات قليلة جداً (التفاعل امامي) والتفاعل شبه تام (اي تلقائي)

تمرين 2-16

احسب ثابت الاتزان K_P للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^o$ وضغط $1atm$.
$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي $\Delta G_f^o(H_2O) = -237KJ/mol$
وبين هل يحدث هذا التفاعل تلقائيا في درجة حرارة $25C^o$. $Ln8 \times 10^{-84} = -191.3$

الحل:

1) نجد ΔG_r^o من ΔG_f^o من قانون المجموع $\sum$ للتفاعل اعلاه :

$$\Delta G_r^o = \sum n\Delta G_f^o\,(products) - \sum n\Delta G_f^o\,(reactants)$$
$$\Delta G_r^o = [2\Delta G_f^o(H_2) + \Delta G_f^o(O_2)] - [2\Delta G_f^o(H_2O)]$$
$$\Delta G_r^o = [2(0) + 0] - [2(-237)] = +474\ KJ/\ mol$$

(غير تلقائي)

2) نحول وحدة ΔG_r^o من $KJ/\ mol$ الى وحدة $J/\ mol$:

$$\Delta G_r^o(J/mol) = \Delta G_r^o(KJ/mol) \times \frac{1000(J)}{1(KJ)}$$
$$\Delta G_r^o(J/mol) = +474\ KJ/\ mol \times \frac{1000(J)}{1(KJ)} = +474000\ J/\ mol$$

3) نجد K_P من ΔG_r^o :

$$\Delta G_r^o = -RTLnK_{eq}$$
$$474000\ KJ/\ mol = -8.314J/K.mol \times 298K \times LnK_P$$
$$LnK_P = -191.3$$
$$\because \quad Ln8 \times 10^{-84} = -191.3$$
$$\therefore \quad LnK_P = Ln8 \times 10^{-84}$$
$$K_P = 8 \times 10^{-84}$$

وهذه القيمة صغيرة جداً اي تراكيز النواتج قليلة جداً وتراكيز المتفاعلات كبيرة جداً والتفاعل يكاد لا يحدث (والتفاعل خلفي) ، اي انه غير تلقائي .

قاعدة لوشاتليه:

تعريفها: اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة اتزان فان هذا التفاعل يتجه باتجاه الذي يقلل من تاثير ذلك الموثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة . (2 د/ 2017) (1د/2019)

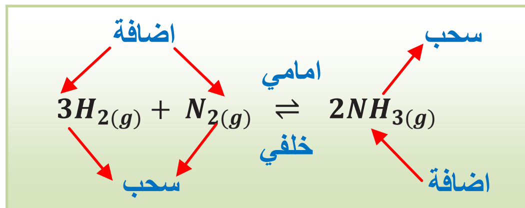
العوامل المؤثرة على حالة الاتزان (اي على اتجاه التفاعل) :

1) تغير التراكيز 2) تغير الضغط 3) تغير الحجم 4) تغير درجة الحرارة

توضيح: اي ان تغير اي واحد من العوامل الاربعة سوف يؤدي الى خلل في الاتزان فينزاح التفاعل اما بالاتجاه الامامي او بالاتجاه الخلفي لكي يقلل من هذا التأثير ويعود الى الاتزان مرة ثانية وكالاتي :

1) تاثير التغير بالتراكيز:

نأخذ تفاعل هابر المتزن لانتاج الامونيا الاتي:



القاعدة:

1) اضافة المتفاعلات : يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي ، للتخلص من الزيادة المضافة .
2) سحب النواتج : يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي ، للتعويض عن الكمية المسحوبة .
3) اضافة النواتج : يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي ، للتخلص من الزيادة المضافة .
4) سحب المتفاعلات: يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي ، لتعويض الكمية المسحوبة .



ملاحظة:

1) لزيادة الانتاج في اي تفاعل ، فأن اي تغير يجب ان يزيح التفاعل بالاتجاه الامامي ،فالتفاعل اعلاه يجب اضافة متفاعلات (H_2 و N_2) وسحب نواتج (NH_3) بأستمرار .
2) تغير التراكيز لايوثر على ثابت الاتزان .
3) اضافة او سحب المواد الصلبة والسائلة لا يؤثر على حالة الاتزان ولا على K_{eq} (لاحظ اسئلة الفصل س 10)
4) التفاعل الامامي يعني نحو النواتج اي نحو اليمين ، والتفاعل الخلفي يعني نحو المتفاعلات اي نحو اليسار .



2) تأثير تغير الضغط والحجم:

اولاً يجب ان نعرف الاتي:

أ) ان اغلب التفاعلات التي فيها مواد غازية متفاعلة او ناتجة تحدث في نظام مغلق ، وان تغير الضغط او الحجم تؤدي الى اخلال في حالة الاتزان .

ب) العلاقة بين الضغط والحجم عكسية حسب قانون بويل حيث زيادة احدهما تقلل الاخر .

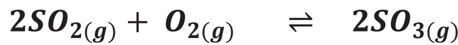
القاعدة:

1) زيادة الضغط (او تقليل الحجم) يتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاقل .

2) تقليل الضغط (او زيادة الحجم) يتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاكبر .

امثلة:

1) اذا كان عدد المولات الغازية للنواتج اقل من المتفاعلات (اي Δn_g سالبة $-$) :



$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

فأن زيادة الضغط (او تقليل الحجم) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي (اي نحو عدد المولات الاقل) ،
امـــــا تقليل الضغط (او زيادة الحجم) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي (اي نحو عدد المولات الاكبر) .

2) اذا كان عدد المولات الغازية للنواتج اكثر من المتفاعلات (اي Δn_g موجبة $+$) :



$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

فأن زيادة الضغط (او تقليل الحجم) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي (اي نحو عدد المولات الاقل) ،
امـــــا تقليل الضغط (او زيادة الحجم) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي (اي نحو عدد المولات الاكبر) .

3) اذا كان عدد مولات النواتج يساوي عدد المولات المتفاعلات (اي $\Delta n_g = 0$)



$$C_{(S)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$$

فأن تغير الضغط او الحجم لايؤثر على حالة الاتزان (اي على اتجاه التفاعل)

ملاحظة:

أ) يمكن معرفة عدد المولات الاكثر او الاقل من حالتين هما: (اما من المعادلة الكيميائية او من اشارة Δn_g) .

ب) لا تأثير لتغير الضغط او الحجم على قيمة ثابت الاتزان K_C او K_P .

---

3) تأثير درجة الحرارة:

كما عرفنا سابقاً ان التفاعلات لها نوعين:

أ) تفاعلات ماصة للحرارة: وهي التفاعلات التي تكون فيها طاقة النواتج اكبر من طاقة المتفاعلات ، وتكون فيها ΔH لها قيمة $(+)$

ب) تفاعلات باعثة للحرارة: وهي التفاعلات التي تكون فيها طاقة المتفاعلات اكبر من طاقة النواتج ، وتكون فيها ΔH لها قيمة $(-)$

س/ كيف يمكن معرفة التفاعل ماص او باعث للحرارة ؟

ج/ التفاعل الماص للحرارة: اذا كانت اشارة ΔH موجبة $(+)$ او يذكر في السؤال ان التفاعل ماص او اذا كانت الطاقة مع المتفاعلات
التفاعل الباعث للحرارة: اذا كانت اشارة ΔH سالبة $(-)$ او يذكر في السؤال ان التفاعل باعث او اذا كانت الطاقة مع النواتج .

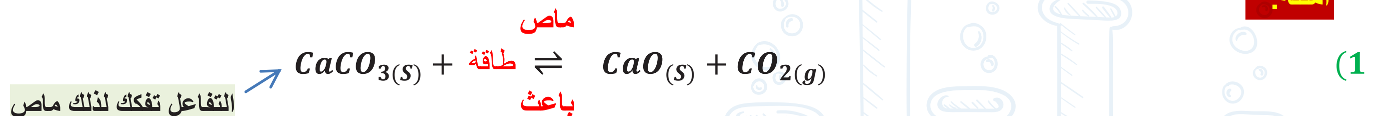
القاعدة:

1) بالتسخين يتجه التفاعل بالاتجاه الماص (اي بالاتجاه الذي يقلل من الحرارة التي سخن فيها التفاعل حسب قاعدة لوشاتليه) .

2) بالتبريد يتجه التفاعل بالاتجاه الباعث (اي بالاتجاه الذي يبعث حرارة لتعويض الحرارة التي برد اليها التفاعل حسب قاعدة لوشاتليه

امثلة:

1)



$$CaCO_{3(S)} + \text{طاقة} \rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$$

ماص (الاتجاه الامامي) / باعث (الاتجاه الخلفي)

التفاعل تفكك لذلك ماص

التفاعل ماص للحرارة لان الطاقة مع المتفاعلات ، امـــــا تاثير التسخين والتبريد على التفاعل المتزن اعلاه فهو كالاتي :
بالتسخين: يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي نحو النواتج (اي بأتجاه الماص)
بالتبريد : يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي نحو المتفاعلات (اي بأتجاه الباعث)

2)



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} + \text{طاقة}$$

باعث (الاتجاه الامامي) / ماص (الاتجاه الخلفي)

التفاعل باعث للحرارة لان الطاقة مع النواتج ، امـــــا تأثير التسخين والتبريد على التفاعل المتزن اعلاه فهو كالاتي :
بالتسخين: يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي نحو المتفاعلات (اي بأتجاه الماص)
بالتبريد : يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي نحو النواتج (اي بأتجاه الباعث)

ملاحظة: عندما نقول تفاعل ماص او باعث للحرارة فالمقصود هو للاتجاه الامامي اما الخلفي فهو العكس .

4) تأثير اضافة العامل المساعد:

تعريفه: هو المادة التي تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون ان تشترك فيه .

اهميته: زيادة سرعة التفاعل الكيميائي .

س/ اضافة العامل المساعد الى تفاعل متزن لا يؤثر على تراكيز المواد في النظام ولا على موضع الاتزان ، علل ذلك ؟

ج/ لان العامل المساعد يؤثر على طاقة التنشيط فقط ، حيث يزيد من معدل سرعتي التفاعل الامامي R_f والخلفي R_b بالدرجة نفسها .

العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان:

س/ عند ثبوت درجة الحرارة فأن التغير في تراكيز مواد التفاعل او تغير الضغط او الحجم لا تؤثر على قيمة K_{eq} ، علل ذلك ؟

ج/ لان قيمة النسبة بين تراكيز النواتج والمتفاعلات عند الاتزان تبقى ثابتة .

القاعدة:

1) عندما يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي بتغير درجة الحرارة فأن K_{eq} تزداد .

2) عندما يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي بتغير درجة الحرارة فأن K_{eq} تقل .

ملاحظة: لا تتغير قيمة ثابت الاتزان K_{eq} الا بتغير درجة الحرارة فقط .

ملخص لوشاتليه:

ت	العامل المؤثر	حالة الاتزان	K_{eq}
1	تغير التراكيز	اضافة متفاعلات او سحب نواتج يتجه بالاتجاه الامامي اضافة نواتج او سحب متفاعلات يتجه بالاتجاه الخلفي	لايؤثر
2	تغير الضغط	زيادة الضغط (نقصان الحجم) يتجه التفاعل نحو عدد المولات الاقل	لايؤثران
3	تغير الحجم	تقليل الضغط (زيادة الحجم) يتجه التفاعل نحو عدد المولات الاكبر	
4	تغير درجة الحرارة	بالتبريد يتجه التفاعل بالاتجاه الباعث بالتسخين يتجه التفاعل بالاتجاه الماص	يزداد اذا كان امامي يقل اذا كان خلفي
5	اضافة عامل مساعد	لايؤثر	لايؤثر

مثال 2-14

للتفاعل المتزن التي : $2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(S)}$ ΔH للتفاعل تساوي $-181KJ$ عند درجة حرارة $298K$ و K_P للتفاعل تساوي 3.2×10^{20} بين هل قيمة K_P عند $500K$ اكبرام اقل من قيمتها عند $298K$ للتفاعل نفسه .

الحل: (3 د/ 2015)

بما ان التفاعل باعث للحرارة (لان $-\Delta H$) فعند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الماص اي بالاتجاه الخلفي (لليسار) للتخلص من الفائض في درجة الحرارة (حسب لوشاتليه) فتقل ضغوط النواتج وتزداد ضغوط المتفاعلات اي تقل قيمة K_P للتفاعل عند درجة $500K$.

تمرين 2-17

للتفاعل المتزن الاتي: $5BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$ ΔH للتفاعل تساوي $858KJ$ عند درجة حرارة $1000K$ و K_P للتفاعل تساوي 7.4×10^{-16} . بين هل قيمة K_P عند $1500K$ للتفاعل اكبر ام اقل من قيمتها عند $1000K$ للتفاعل نفسه .

الحل:

بما ان التفاعل ماص للحرارة (لان ΔH موجبة) لذلك فأن رفع درجة الحرارة اي التسخين سوف يتجه باتجاه الماص اي اليمين بأتجاه النواتج للتخلص من فائض الحرارة وبالتالي تزداد ضغوط النواتج عند الاتزان وتقل ضغوط المتفاعلات وبالتالي تزداد قيمة K_P للتفاعل عند $1500K$ (العلاقة طردية بين K_P وضغوط النواتج) .

مثال 2-15

ماتاثير كل العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي : (2د/2018)



$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)} \qquad \Delta H = 38.5KJ/mol$

1) تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق .
2) سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم .
3) خفض الضغط على خليط الاتزان متزن بدرجة حرارة ثابتة .
4) اضافة العامل المساعد الى خليط الاتزان .

الحل:

ت	العامل المؤثر	حالة الاتزان	ثابت الاتزان K_{eq}
1	تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق	يتجه بالاتجاه الامامي/ وذلك لان التفاعل ماص وحيث التسخين يتجه باتجاه الماص للتخلص من الحرارة الفائضة حسب قاعدة لوشاتليه	يزداد/ وذلك لان التفاعل بالاتجاه الامامي فتزداد تركيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وحيث العلاقة طردية بين K_{eq} وتركيز النواتج
2	سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم	بالاتجاه الخلفي/ لانه عند سحب N_2F_4 سوف يقل تركيزه في خليط الاتزان لذلك سوف يتم تعويضه بتحول قسم NF_2 الى N_2F_4	لايتأثر
3	خفض الضغط على خليط متزن بدرجة حرارة ثابتة	بالاتجاه الامامي/ لان خفض الضغط يتجه نحو عدد المولات الاكبر اي نحو النواتج	لايتأثر
4	اضافة العامل المساعد الى خليط الاتزان	لاتتأثر	لايتأثر

تمرين 2-18

للتفاعل المتزن : (1 د/ 2014)



$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \qquad \Delta H = 428KJ/mol$

(2017 /د 2- خارج القطر)

ما تاثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان ؟

1) زيادة الضغط على التفاعل وذلك بانقاص حجم الاناء
2) اضافة مزيد من O_2 الى النظام .
3) خفض درجة الحرارة
4) اضافة عامل مساعد

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر

الحل:

ت	العامل المؤثر	حالة الاتزان	ثابت الاتزان K_{eq}
1	زيادة الضغط	ينحرف التفاعل بالاتجاه الامامي/اي نحو عدد المولات الاقل	لايتأثر
2	اضافة O_2	بالاتجاه الامامي/ للتخلص من الزيادة المضافة	لايتأثر
3	خفض درجة الحرارة	بالاتجاه الخلفي/ لان بالتبريد يتجه نحو الباعث لتعويض الحرارة التي برد اليها التفاعل	يقل لان بالتفاعل الخلفي تقل النواتج وتزداد المتفاعلات
4	اضافة عامل مساعد	لاتتأثر	لايتأثر

تمرين 2-19

يصل مزيج الغازات C_2H_4 و H_2 و C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند $25C^o$ الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي:



$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mol$ (1د/2017 - موصل)

صـــــف عدد من الاجراءات التي تؤدي الى رفع كمية C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل . (2د/2017 - موصل)

(2د/2018- خ ق) (3د/2018- ما تأثير العوامل)

الحل:

1) اضافة كمية من المتفاعلات (غاز C_2H_4 و H_2) وسحب غاز C_2H_6 بأستمرار من مزيج الاتزان .
2) زيادة الضغط لكي يتجه نحو عدد المولات الاقل اي امامي نحو النواتج .
3) تقليل الحجم .
4) تبريد اناء التفاعل لان التفاعل الامامي باعث للحرارة .

1-2

اسئلة الفصل الثاني

املأ الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها:

1) في المتزن الاتي: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ فأن خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد **الناتجة** .

2) اذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_C لنظام متزن عند $500C^o$ تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند $200C^o$ تساوي 4×10^{-12} فأن ذلك يدل على التفاعل **باعث** للحرارة .

3) في التفاعل المتزن الاتي: $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + 127KJ$
عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فأن حرارة التفاعل **تزداد**.

4) في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند **رفع** درجة الحرارة .

5) في التفاعل المتزن : $CO_{2(g)} + C_{(S)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ فأن **تقليل** الضغط يزيد ن استهلاك غاز CO_2 .

6) في التفاعل المتزن : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$
فأن رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على **زيادة** قيمة K_C للتفاعل . (2018/د1- صف عدد من الاجراءات لزيادة الانتاج)

7) التغير **بالضغط** لايؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الاتي: $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

8) للتفاعل المتزن: $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} + \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} +$ طاقة يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند **خفض** الحرارة للتفاعل .

9) في التفاعل المتزن: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمة K_P للتفاعل $= 3$ والضغط الجزئي لغاز NO_2 يساوي $3atm$ فأن الضغط لغاز N_2O_4 يساوي **$3atm$** .

الحل:

$$K_P = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_2}} \Rightarrow 3 = \frac{(3)^2}{P_{N_2O_2}} \Rightarrow P_{N_2O_2} = 3atm$$

10) في التفاعل المتزن الاتي: $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$
بدرجة حرارة معينة وجد K_C للتفاعل $= 1 \times 10^{28}$ فهذا يدل على ان موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين **النواتج**.

11) عندما تكون K_P اصغر من K_C فأن مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة **اكبر** من مجموع عدد مولات المواد الناتجة .

12) اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان K_C للتفاعل فأن التفاعل يتجه نحو المواد **الناتجة** .
(2018/د3)

13) عند زيادة الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة اصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فأن موضع الاتزان ينحرف بأتجاه **المتفاعلات**.

14) العلاقة بين ثابت الاتزان K_C وتراكيز النواتج علاقة **طردية**.

15) عند تقليل الضغط في خليط متزن$(\Delta n_g = -1)$ فالتفاعل ينزاح نحو **المتفاعلات** وثابت الاتزان K_C **لايتغير**.
(2013/تمهيدي) (2014/د1-خاص) (2014/د1) (2017/تمهيدي ، $\Delta n_g = +1$)

16) تفاعل متزن ثابت اتزانه $K_C = 4$ فعند سحب النواتج من خليط فأن ثابت الاتزان **لايتغير** .

17) عندما $\Delta n_g =$ **صفر** لايكون للضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان . (2017/د2- موصل)

18) يترجح التفاعل **الخلفي** لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد اناء التفاعل . (2018/د2- خ ق)
(2013/د2- ولكن تسخين تفاعل باعث) (2013/خ ق) (2016 /د 2)

19) في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند **رفع** درجة الحرارة (2018/د 1)

20) في تفاعل متزن وجد ان $K_C = \frac{K_P}{RT}$ ما يدل على مجموع مولات المواد الغازية الناتجة في هذا التفاعل **اكبر** من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة .



2-2 اختر الاجابة الصحيحة:

1) ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ عند درجة حرارة $727C^o$ يبلغ 4.17×10^{-2} ، فأن اتجاه التفاعل عند خلط 0.4 M من SO_3 و 0.1 M من O_2 و 0.02 M من SO_2 يكون:

أ) بأتجاه المواد المتفاعلة

ب) بأتجاه المواد الناتجة . .

جـ) التفاعل في حالة اتزان ديناميكي .

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

الحل: نجد حاصل التفاعل Q ويقارن مع الثابت K_C لمعرفة اتجاه التفاعل:

$$Q = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(0.4)^2}{(0.02)^2(0.1)} = 4000$$

بما ان $K_C < Q$ لذا فالتفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي اي نحو المتفاعلات .

لان $4.17 \times 10^{-2} < 4000$

---

2) التفاعل المتزن: $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$ يتم في وعاء مغلق فأن كمية $CaCO_3$ تزداد عندما :

أ) تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان . (هنا يكون بالاتجاه الامامي اي تقل كمية $CaCO_3$)

ب) يزداد الضغط الكلي .

جـ) تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان . (لاتؤثر لانها مادة صلبة)

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

---

3) التفاعل المتزن: $I_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2IF_{(g)}$ ثابت الاتزان K_C يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة $200K$ فأذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان $0.2atm$ لغاز IF و $4 \times 10^{-3}atm$ لغاز F_2 ، فأن الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي:

أ) $5 \times 10^4 atm$

ب) $1 \times 10^{-5} atm$

جـ) $1 \times 10^5 atm$

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

الحل:

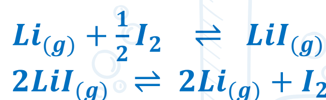
1) نجد K_P من K_C : بما ان $(\Delta n_g = 0)$ لذلك فان: $K_C = K_P = 1 \times 10^6$

2) نجد P_{I_2} من K_P :

$$K_P = \frac{P_{IF}^2}{P_{I_2} P_{F_2}} \Rightarrow 1 \times 10^6 = \frac{(0.2)^2}{(P_{I_2})(0.004)} \Rightarrow P_{I_2} = 1 \times 10^{-5} atm$$

---

4) اذا كانت قيمة K_C للتفاعل: $Li_{(g)} + \frac{1}{2}I_2 \rightleftharpoons LiI_{(g)}$ عند $500K$ تساوي 640.3 فإن قيمة K_C للتفاعل $2LiI_{(g)} \rightleftharpoons 2Li_{(g)} + I_2$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي:



أ) 25.3

ب) 41×10^4

جـ) 15.6×10^5

د- كل الاجابات السابقة خاطئة .

الحل: بما ان المعادلة الثانية ناتجة من عكس المعادلة الاولى ومضروبة بالعدد 2 :
(القاعدة 1 و2 في اهمية ثابت الاتزان)

$$K_{C2} = \frac{1}{(K_{C1})^2} = \frac{1}{(640.3)^2} = \frac{1}{410984} = 2.4 \times 10^{-6}$$

5) عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فأنه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة الايونية الاتية:

$$2CrO^{-2}_{4(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O^{-2}_{7(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اصفر   برتقالي

فإذا اردنا ان نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء فإننا نقوم بالاتي:

أ) نضيف مزيد من الماء

ب) نضيف مزيد HCl (اي اضافة متفاعلات يتجه نحو النواتج نحو اللون البرتقالي)

جـ) نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_4$

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

---

6) عند اضافة محلول $NaOH$ الى المزيج في السؤال السابق فأننا نتوقع ان يحدث:

أ) زيادة بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$.

ب) زيادة بتركيز H_2O .

جـ) نقص بتركيز $Cr_2O_7^{2-}$.

د) كل الاجابات السابقة خاطئة

{ لان القاعدة المضافة $(NaOH)$ تتفاعل مع الحامض(HCl) اي تمثل سحب ايون H^+ فيرجح التفاعل الخلفي فيقل تركيز $Cr_2O_7^{-2}$ }

---

7) للتفاعل المتزن: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ قيمة K_P للتفاعل عند درجة $25C^o$ تساوي 5.5×10^{-5} لذا فأن قيمة K_C للتفاعل تساوي:

أ) 22513.3

ب) 9×10^4

جـ) 0.03

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

الحل:

نجد K_C من K_P وحسب الخطوات الاتية:

1) نجد Δn_g :

$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 4 = -2$$

2) نجد $T(K)$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25 + 273 = 298K$$

3) حساب K_C من K_P :

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 5.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 298)^{-(-2)} = 5.5 \times 10^{-5}(24.4)^{+2} = 0.03$$

---

8) للتفاعل المتزن: $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$ قيمة K_Pعند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة $4000K$ وقيمة K_f للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فأن قيمة K_b تساوي:

أ) 0.2

ب) 20

جـ) 7.8

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

الحل:

1) حساب K_C من K_P :

$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 1 = +1$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 2558.4(0.082 \times 4000)^{-1} = \frac{2558.4}{328} = 7.8$$

2) نجد K_b من K_C و K_f :

$$K_C = \frac{k_f}{k_b} \Rightarrow 7.8 = \frac{1.56}{K_b} \Rightarrow K_b = 0.2$$



9) للتفاعل المتزن: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ ثابت الاتزان $K_b = 2$ فإن التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة بوحدات (mol/L) هي كالاتي:

أ) تركيز HI يساوي 0.1 وتركيز I_2 يساوي 0.05 وتركيز H_2 يساوي 0.05 .

ب) تركيز HI يساوي 0.4 وتركيز I_2 يساوي 0.1 وتركيز H_2 يساوي 0.2 .

جـ) تركيز HI يساوي 0.001 وتركيز I_2 يساوي 0.0002 وتركيز H_2 يساوي 0.0025 .

د) كل الاجابات السابقة خاطئة .

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر

الحل: لكي يتجه التفاعل نحو النواتج (امامي) يجب ان يكون : $K_P > Q$ ، لذلك نجد Q ويقارن مع K_P:

أ) $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.1)^2}{(0.05)^2} = 4$ $(K_P < Q)$ التفاعل خلفي نحو المتفاعلات .

ب) $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.1)} = 8$ $(K_P < Q)$ التفاعل خلفي نحو المتفاعلات .

جـ) $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.0025)(0.0002)} = 2$ $(K_P = Q)$ التفاعل في حالة اتزان .

3-2

علل ما يأتي:

1) زيادة حجم اناء التفاعل لتفاعل غازي $\Delta n_g(products) < \Delta n_g(reactants)$ يؤدي الى خفض المنتوج . (2017/د 3)

ج/ بما ان عدد مولات المتفاعلات اكبر من عدد مولات النواتج وحيث ان زيادة حجم اناء التفاعل يتجه نحو عدد المولات الاكبر(حسب القاعدة) اي نحو المتفاعلات (بالاتجاه الخلفي) فيقل المنتوج (2016 /د 1 – ولكن تقليص حجم ، $\Delta n_g = -1$ زيادة المنتوج)

2) في التفاعل الافتراضي المتزن: $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} +$ طاقة لا تتغير حرارة اناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي .(2015 /د 1)

ج/ وذلك لان $\Delta n_g = 0$ ، فلا تأثير لزيادة الضغط على التفاعل . (2017 /د 1)

3) قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جداً . (2015 /د 2) (2017 /د 1- خ ق)

ج/ وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية تكون تامة اي تراكيز النواتج تكون كبيرة جداً وتراكيز المتفاعلات تكون صفر تقريباً وحيث ان: $K_C = \frac{[\text{نواتج}]}{[\text{متفاعلات}]}$ لذلك تكون قيمة K_C كبيرة .

4) ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $K_C = 0.3$ و $Q = 1$ (2014/د3)(2017/ تمهيدي)(2017 /د 2 خارج القطر)

ج/ بما ان $(K_C < Q)$ فأن التفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي الباعث للحرارة (لان الامامي ماص) لذلك ترتفع درجة حرارة التفاعل .

5) يعد التفاعل باعثاً للحرارة اذا انخفضت قيمة K_C للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل . (2016 /د 1- خ ق)

ج/ بما ان زيادة درجة الحرارة (التسخين) يتجه التفاعل نحو الماص دائماً(حسب القاعدة) وان انخفاض قيمة K_C تدل ان التفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي اي الخلفي هو الماص وان الامامي هو الباعث .

6) قيمة K_C تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة . (2017 /د 2)

ج/ بما ان رفع درجة الحرارة يتجه بأتجاه الماص دائماً (حسب القاعدة) وحيث ان التفاعل الامامي ماص للحرارة اي يتجه بالاتجاه الامامي نحو النواتج فتزداد قيمة K_C .

7) زيادة الضغط على خليط متوازن $(\Delta n_g = +1)$ فأن الاتزان ينزاح بأتجاه المتفاعلات . (2017 /د 3 –ولكن العكس)(2019/ ت)

ج/ بما ان Δn_g موجبة فأن عدد مولات المتفاعلات اقل وحيث ان زيادة الضغط يتجه نحو عدد المولات الاقل (حسب القاعدة) اي نحو المتفاعلات . (2013 /د 3) (2015 /د 1 - خاص/$\Delta n_g = +2$) (2016 /د 3) – تقليل الضغط/ $\Delta n_g = -1$)

8) تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة . (2013 /د 2)

ج/ التفاعلات التي تتوقف هي تفاعلات غير انعكاسية اي تامة وتتوقف عندما يستهلك احد المواد المتفاعلة او جميعها ، امـــــا التفاعلات التي تبدو وكأنها متوقفة فهي التفاعلات الانعكاسية حيث تكون سرعة التفاعل الامامي تساوي سرعة التفاعل الخلفي ولكنها مستمرة في كلا الاتجاهين .

9) في التفاعل المتزن الاتي: $SO_2Cl_{2(g)}$ + طاقة $\rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$

ترتفع حرارة التفاعل عند اضافة SO_2 الى خليط الاتزان . (2018 /تمهيدي- بين هل ترتفع الحرارة ام تنخفض عن اضافة SO_2)

ج/ بما ان اضافة SO_2 يتجه بالاتجاه الخلفي (حسب القاعدة اضافة نواتج يتجه نحو المتفاعلات) وحيث ان التفاعل الخلفي باعث للحرارة فيؤدي الى ارتفاع حرارة التفاعل (لان الامامي ماص للحرارة الطاقة مع المتفاعلات) .

4-2

عرف ما يأتي: 1) قانون فعل الكتلة 2) حالة الاتزان الكيميائي 3) قاعدة لوشاتليه ج/ راجع الملزمة .

5-2

للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا ؟

1) عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن . (2 د/ 2014) - معكوس التفاعل و (+ = ΔH) (1د/2019)
2) رفع درجة حرارة اناء التفاعل .
3) سحب غاز N_2O_4 المتكون عند الاتزان .

الحل:

1) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي ، لانه بزيادة الضغط يتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاقل وفق القاعدة .
2) يتجه التفاعل بالاتجاه العكسي ، لانه بالتسخين يتجه التفاعل نحو الاتجاه الماص للتخلص من الزيادة في الحرارة حسب القاعدة والخلفي هو الماص (لان الامامي هو الباعث من السؤال)
3) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي ، لان سحب النواتج يتجه بأتجاه النواتج (امامي) حسب قاعدة لوشاتليه لتعويض نقص الكمية المسحوبة .

ملاحظة: في هذا السؤال لم يذكر تأثير العوامل اعلاه على ثابت الاتزان انما تاثيرها على حالة الاتزان فقط (اي على اتجاه التفاعل) .

6-2

التفاعل الغازي المتزن الاتي: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي $92.5\ KJ/mol$ ، (3 د/ 2014)

ماتأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان:

1) خفض درجة الحرارة .
2) اضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان .
3) سحب PCl_3 من خليط الاتزان .
4) زيادة الضغط على خليط الاتزان .
5) اضافة عامل مساعد .

الحل:

	العامل المؤثر	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1	خفض درجة الحرارة	يتجه بالاتجاه الخلفي ، لانه بالتبريد يتجه نحو الباعث فالامامي ماص (ΔH موجبة) والخلفي يكون باعث	يقل لانه خلفي نحو المتفاعلات
2	اضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان	يتجه بالاتجاه الخلفي، للتخلص او لتصريف الزيادة في Cl_2 المضافة	لايتأثر
3	سحب PCl_3 من خليط الاتزان	يتجه بالاتجاه الامامي ، نحو المادة المسحوبة	لايتأثر
4	زيادة الضغط على خليط الاتزان	يتجه بالاتجاه الخلفي ، نحو عدد المولات الاقل	لايتأثر
5	اضافة عامل مساعد	لاتتأثر	لايتأثر

7-2

للتفاعل المتزن الاتي : $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

انثالبي التفاعل تساوي $-198.2\ KJ$ ، ماذا يحدث لتراكيز SO_2 ، O_2 ، SO_3 عند الاتزان بعد :

1) زيادة درجة الحرارة
2) تقليل الضغط المسلط على التفاعل
3) زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان
4) اضافة عامل عامل مساعد



الحل:

ت	العامل المؤثر	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$	توضيح
1	زيادة درجة الحرارة	يقل	يزداد	يزداد	بالتسخين يتجه بالاتجاه الخلفي نحو الماص
2	تقليل الضغط المسلط على التفاعل	يقل	يزداد	يزداد	يتجه نحو عدد المولات الاكبر اي خلفي
3	زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان	يزداد	يقل	يزداد	اضافة متفاعلات امامي
4	اضافة عامل عامل مساعد	لايتغير	لايتغير	لايتغير	لايؤثر

8-2

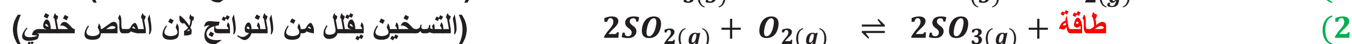
هل يؤدي دائماً رفع درجة حرارة اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تراكيز النواتج ؟ اذا كانت اجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي او لاتؤدي الى زيادة النواتج ؟ بين ذلك مع ذكر امثلة .

الحل:

لا يؤدي دائماً رفع درجة الحرارة الى زيادة تراكيز النواتج الا اذا كان التفاعل ماص للحرارة لان التسخين يتجه نحو الماص فتزداد تراكيز النواتج اما اذا كان التفاعل باعث فيتجه نحو الماص وهو الخلفي فتقل تراكيز النواتج ، كما في الامثلة الاتية:



1) $CaCO_{3(S)} +$ طاقة $\rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$ (التسخين يزيد من النواتج لانه ماص)



2) $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)} +$ طاقة (التسخين يقلل من النواتج لان الماص خلفي)

9-2

للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة $2PbS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$

وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان .

1) خفض الضغط المسلط على التفاعل .

2) تبريد اناء التفاعل .

الحل:

ت	العامل المؤثر	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1	خفض الضغط المسلط على التفاعل	بالاتجاه العكسي نحو عدد المولات الاكبر	لايتأثر
2	تبريد اناء التفاعل	بالاتجاه الامامي لانه بالتبريد يتجه نحو الباعث	يزداد

10-2

التفاعل الاتي الماص للحرارة يجري في اناء مغلق



$CaCO_{3(S)} +$ طاقة $\rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$ ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي:

1) تقليل حجم الاناء

2) اضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان .

3) سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان .

4) اضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان .

5) زيادة درجة الحرارة .

الحل:

ت	العامل المؤثر	حالة الاتزان
1	تقليل حجم الاناء	بالاتجاه الخلفي / لان تقليل الحجم يتجه نحو عدد المولات الاقل
2	اضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان	لاتتغير حالة الاتزان/ لان اضافة او سحب المادة الصلبة لاتؤثر على حالة الاتزان
3	سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان	لاتتغير حالة الاتزان/ لان اضافة او سحب المادة الصلبة لاتؤثر على حالة الاتزان
4	اضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان	بالاتجاه الخلفي / لان اضافة نواتج يتجه نحو المتفاعلات (مادة غازية)
5	زيادة درجة الحرارة	بالاتجاه الامامي/ لان التسخين يتجه نحو الماص

ملاحظة: اضافة او سحب المادة الصلبة او السائلة لايؤثر على حالة الاتزان .

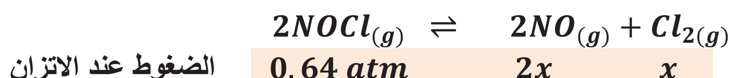
11-2

عند تسخين غاز $NOCl$ النقي الى درجة $240C^o$ في اناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة:
$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي $1atm$ والضغط الجزئي لغاز $NOCl$ يساوي $0.64\ atm$ احسب:
1) الضغوط الجزئية لكل من غازي Cl_2 و NO عند الاتزان .
2) ثابت الاتزان K_C للتفاعل عند نفس درجة الحرارة .
(1 د/ 2013) (2 د/ 2014) (2016 د/ 2- الضغط الكلي = $0.9\ atm$ والجزيئي = $0.54\ atm$)

الحل:

1) الفرضية:
اذا كان الضغط الجزئي لغاز Cl_2 عند الاتزان يساوي x ، فأن الضغط الجزئي لغاز NO يساوي $2x$ وذلك حسب عدد المولات في المعادلة وكالاتي:

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$



	$2NOCl_{(g)}$	$2NO_{(g)}$	$Cl_{2(g)}$
الضغوط عند الاتزان	$0.64\ atm$	$2x$	x

2) نجد قيمة x من P_T : حسب قانون دالتون للضغوط الجزيئية
مجموع الضغوط الجزيئية لمزيج الغازات عند الاتزان = الضغط الكلي P_T

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl_2}$$

$$1 = 0.64 + 2x + x \Rightarrow 3x = 0.36 \Rightarrow x = 0.12atm$$

اي ان:

$$P_{Cl_2} = x = 0.12atm$$

$$P_{NO} = 2x = 0.24atm$$

3) حساب K_C من K_P :

$$K_P = \frac{P_{NO}^2 P_{Cl_2}}{P_{NOCl}^2} = \frac{(0.24)^2(0.12)}{(0.64)^2} = 0.017$$

$$\Delta n_g = \sum n_g\ (products) - \sum n_g\ (reactants) = 3 - 2 = +1$$

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 240 + 273 = 513K$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 0.017(0.082 \times 513)^{-1} = \frac{0.017}{42} = 4 \times 10^{-4}$$

12-2

التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد وعند وصول التفاعل الى حالة $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ الاتزان وجد ان الضغوط الجزيئية $P_{NO_2} = 1.56\ atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.377\ atm$ عند درجة حرارة $100C^o$ احسب:
1) K_P و K_C 2) ماذا يحدث للضغوط الجزيئية في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد . (2018/د 1- خ ق)

الحل:

1)

- نجد K_P

$$K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(1.56)^2}{0.377} = 6.46$$

- حساب K_C من K_P :

$$\Delta n_g = \sum n_g\ (products) - \sum n_g\ (reactants) = 2 - 1 = +1$$

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 100 + 273 = 373K$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 6.46(0.082 \times 373)^{-1} = \frac{6.46}{30.85} = 0.21$$

2) لاتتأثر الضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان عند اضافة العامل المساعد .



13-2

للتفاعل المتزن: $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$

من خلال الجدول التالي، احسب K_P و K_C للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص ام باعث للحرارة:

	$A/(mol/L)$	$B/(mol/L)$	درجة الحرارة/ C^o
(1	0.0125	0.843	200
(2	0.171	0.764	300
(3	0.250	0.724	400

الحل:

	A (mol/L)	B (mol/L)	tC^o	$T(K)$	$K_C = \frac{[B]^2}{[A]}$	$K_P = K_C\,(RT)^{\Delta n_g}$
1	0.0125	0.843	200	473	$K_C = \frac{(0.843)^2}{(0.0125)} = 56.85$	$K_P = 56.85(0.082 \times 473)^1 = 2203$
2	0.171	0.764	300	573	$K_C = \frac{(0.764)^2}{(0.171)} = 3.4$	$K_P = 3.4(0.082 \times 573)^1 = 160$
3	0.250	0.724	400	673	$K_C = \frac{(0.724)^2}{(0.250)} = 2$	$K_P = 2(0.082 \times 673)^1 = 110.4$

بما ان رفع درجة الحرارة(بالتسخين) يتجه التفاعل نحو الماص حسب القاعدة ، ولكن نلاحظ ان قيم K_C و K_P قلت فهذا يدل على ان التفاعل الخلفي هو الماص اي الامامي باعث للحرارة .

14-2

يتزن التفاعل الاتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ عند درجة حرارة $377\ C^o$ وقيمة ثابت الاتزان K_C تساوي 1.96 . احسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية وبنفس درجة الحرارة .

أ)  $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

ب)  $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

جـ)  $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$

الحل:

التفاعل الاصلي هو التفاعل الاول وله K_{C1}

أ) التفاعل الثاني هو معكوس التفاعل الاول(القاعدة الاولى) اي: $K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}} = \frac{1}{1.96} = 0.51$

ب) التفاعل الثالث هو ناتج من ضرب التفاعل الاول بـ $\frac{1}{2}$ (القاعدة الثانية) : $K_{C3} = (K_{C1})^{\frac{1}{2}} = \sqrt{1.96} = 1.4$

جـ) التفاعل الرابع هو معكوس الاول والضرب بـ $\frac{1}{2}$ (القاعدة الاولى والثانية): $K_{C4} = \frac{1}{\sqrt{K_{C1}}} = \frac{1}{\sqrt{1.96}} = \frac{1}{1.4} = 0.7$

15-2

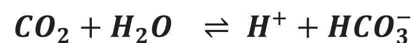
ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن يساوي:  $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ 4.2×10^{-7}

و K_C يساوي 4.7×10^{-9} للتفاعل  $CaCO_3 \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$

و K_C يساوي 4.8×10^{-11} للتفاعل  $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-2}$

فما ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن:  $CO_2 + CaCO_3 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

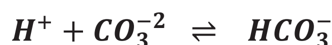
الحل: المعادلة الاولى والثانية تبقى كما هي وعكس المعادلة الثالثة :



$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \qquad K_{C1} = 4.2 \times 10^{-7}$$



$$CaCO_3 \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2} \qquad K_{C2} = 4.7 \times 10^{-9}$$



$$H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^- \qquad K_{C3} = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$$

بالجمع



$$CO_2 + CaCO_3 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$$

نجد K_C حسب القاعدة الثالثة:

$$K_C = K_{C1} \times K_{C2} \times K_{C3}$$

$$K_C = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}} = 4.1 \times 10^{-5}$$

16-2 في التفاعل الافتراضي الغازي $2A + B \rightleftharpoons 3C$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع $3mol$ من B مع مولات مختلفة من A و C وعند وصول التفاعل حالة الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على $6mol$ من و C وكذلك $6mol$ من A . ما عدد مولات كل من A و C قبل بدء التفاعل علماً بأن K_C للتفاعل $= 1.5$. (2017 /د 2 - خ ق) (2016 /د 2- موصل) (2018/د2- خ ق)

الحل:

V= 1L ∵
M=n(mol) ∴

1) الفرضية: نفرض ان عدد مولات المادة A قبل التفاعل (الابتدائية) $= y$

نفرض ان عدد مولات المادة C قبل التفاعل (الابتدائية) $= z$

2) نجد عدد مولات المادة B عند الاتزان:

(لان K_C معلوم ومولات A و C عند الاتزان معلومة) لنعرف منها اتجاه التفاعل :



$$2A + B \rightleftharpoons 3C$$

التراكيز عند الاتزان $6 \quad ؟ \quad 6$

$$K_C = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} \Rightarrow 1.5 = \frac{(6)^3}{(6)^2[B]} \Rightarrow [B] = 4mol = 4 \text{ M}$$

بما ان عدد مولات المادة B زادت وهي مادة متفاعلة فهذا يدل على ان التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي .



3) نعمل جدول لنجد منه مولات A و C الابتدائية :

التركيز/ M	$2A$	$+ B$	$\rightleftharpoons 3C$
التراكيز الابتدائية	y	3	z
التغير في التراكيز	$+2x$	$+x$	$-3x$
التراكيز عند الاتزان	$y + 2x$ 6	$3 + x$ 4	$z - 3x$ 6

نجد قيمة x اولاً:

$3 + x = 4$

$x = 1mol$

ثم نجد قيمة z

$z - 3x = 6$

$z - 3(1) = 6$

$z = 9 \ mol$

ثم نجد قيمة y

$y + 2x = 6$

$y + 2(1) = 6$

$y = 4 \ mol$

17-2 ثابت الاتزان K_C يساوي 19.9 بدرجة حرارة $2500K$ للتفاعل المتزن: $Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط $[Cl_2] = 0.2$ M و $[F_2] = 1$ M و $[ClF] = 1.2$ M

الحل:

اي هل اتجاه التفاعل امامي ام خلفي ، حيث نجد Q ويقارن مع K_C:

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl_2]\,[F_2]} = \frac{(1.2)^2}{(0.2)(1)} = 7.2$$

بما ان $K_C > Q$

$19.9 > 7.2$ اي التفاعل بالاتجاه الامامي .



18-2

للتفاعل المتزن : $A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$ وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء التفاعل حجمه لتر واحد عند (STP) يصل التفاعل حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 . ما قيمة K_C للتفاعل ؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01 M من A_2 وعند ظروف التفاعل نفسها ؟ (1 د/ 2017)

الحل:

نجد K_C :

1) نجد تركيز المتحلل للمادة A_2 (وهو يمثل قيمة x) من % للتحلل وتركيزها الابتدائي:

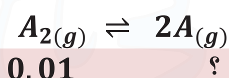
$$\%للتحلل = \frac{[المتحلل]}{[الابتدائي]} \times 100$$

$$\% \quad 1 = \frac{x}{1} \times 100$$

$$100x = 1 \quad \Rightarrow \quad x = 0.01 \text{ M}$$

2) نجد تراكيز المواد عند الاتزان بطريقة الجدول:
(نعوض قيمة x)

M	$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2A_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0
التغير في التراكيز	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$1-x$	$2x$



$1-0.01 \cong 1$ $\qquad$ $2(0.01)$ (0.02)

3) نجد K_C للتفاعل :

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} = \frac{(0.02)^2}{1} = 4 \times 10^{-4}$$

اما تركيز المادة A فيحسب من K_C وتركيز المادة A_2 :

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

0.01 $\qquad$ ؟

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} \quad \Rightarrow \quad 4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{0.01}$$

$$[A]^2 = 4 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad [A] = 2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

19-2

للتفاعل المتزن الاتي: $3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$ وجد ان ثابت الاتزان K_C يساوي 147.6 وبدلالة K_P يساوي 6 بدرجة حرارة $27C^o$ جد قيمة a في المعادلة . (3 د/ 2016) – بين تاثير زيادة الضغط على حالة الاتزان

الحل:

1) حساب Δn_g :

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 27 + 273 = 300K$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} \quad \text{(او من العلاقة الثانية)}$$

$$147.6 = 6(0.082 \times 300)^{-\Delta n_g}$$

$$(24.6) = (24.6)^{-\Delta n_g}$$

$$-\Delta n_g = 1 \quad \text{(اذا تساوت الاساسات تساوت الاسس)}$$

2) نجد قيمة a :

$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants)$$

$$-1 = a - 3$$

$$a = +2$$

20-2

للتفاعل المتزن: $NiO_{(S)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)} + CO_{2(g)}$ بدرجة حرارة $727C^o$ وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO في الفرن يساوي $304\ Torr$ والضغط الكلي يساوي $1atm$ ما ثابت الاتزان K_C للتفاعل . (معلومة: $1atm = 760\ Torr$)

الحل:

1) نحول ضغط CO الى وحدة atm:

$$P_{CO} = 304\ Torr \times \frac{1atm}{760Torr} = 0.4atm$$

2) نجد ضغط CO_2 من الضغط الكلي و ضغط CO :

$$P_T = P_{CO} + P_{CO_2}$$
$$1 = 0.4 + P_{CO_2}$$
$$P_{CO_2} = 0.6\ atm$$

3) نجد K_P:

$$K_P = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

4) نجد K_C من K_P:

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$

بما ان $\Delta n_g = 0$

لذلك فأن: $K_C = K_P = 1.5$

ملاحظة: المواد الصلبة لا تدخل في قانون K_P انما تدخل المواد الغازية فقط .

21-2

في التفاعل المتزن الغازي: $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

وجد انه ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي $1atm$ فاذا علمت ان K_P للتفاعل يساوي $\frac{1}{6}$ فما ضغطا غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل .

الحل:

1) الفرضية:

نفرض ان الضغط الابتدائي $P_{Cl_2} = y$

$P_{PCl_3} = 2y$ (لانه ضعف)

2) كتابة الجدول:

الضغط/ atm	$PCl_{3(g)}$ +	$Cl_{2(g)}$ $\rightleftharpoons$	$PCl_{5(g)}$
الضغوط الابتدائية	$2y$	y	0
التغير في الضغوط	$-x$	$-x$	$+x$
الضغوط عند الاتزان	$2y-x$	$y-x$	x

3) نجد قيمة (x) :

(1) .... $P_{Cl_2} = y - x$ من الجدول عند الاتزان

(2) .... $P_{Cl_2} = 1$ من السؤال عند الاتزان

نجد قيمة x بعد مساواة المعادلتين:

اي ان: $y - x = 1 \Rightarrow x = y - 1$

4) نعوض قيمة x في الضغوط عند الاتزان لنحصل على مجهول واحد هو y :

$$P_{PCl_3} = 2y - x = 2y - (y-1) = y + 1$$

5) نجد قيمة y من K_P :

$$K_P = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3}\ P_{Cl_2}} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{(y-1)}{(y+1)(1)}$$

$$y + 1 = 6y - 6 \Rightarrow 5y = 7 \Rightarrow y = 1.4atm$$

$$P_{Cl_2} = y = 1.4\ atm$$
$$P_{PCl_3} = 2y = 2(1.4) = 2.8\ atm$$



22-2

للتفاعل الغازي الباعث للحرارة : $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 و I_2 وضعفها من HI ، فوجد ان حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان ووجد ان الاناء يحتوي على $1mol$ من HI و $2mol$ من I_2 و $2mol$ من H_2 احسب : (3د/2013) (3 د/2015) (1 د/2018)

1) تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل .
2) K_C للتفاعل

الحل:

V= 1L ∵
M=n(mol) ∴

1) الفرضية:
نفرض ان عدد مولات H_2 و I_2 الابتدائية $= y$
نفرض ان عدد مولات HI الابتدائية $= 2y$

2) تحديد اتجاه التفاعل:
بما ان التفاعل باعث للحرارة وان حرارة الاناء ارتفعت فهذا دليل على ان التفاعل امامي

3) كتابة الجدول: لنجد منه التراكيز الابتدائية (y) :

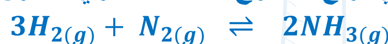
M	$2HI_{(g)}$ ⇌	$H_{2(g)}$ +	$I_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	$2y$	y	y
التغير في التراكيز	$-2x$	$+x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	$2y-2x$	$y+x$	$y+x$
التراكيز عند الاتزان من السؤال	1	2	2

4) نجد التراكيز المولاريةعند الاتزان :
بما ان $y + x = 2$
لذلك فأن $x = 2 - y$ .... (1)
$2y - 2x = 1$ .... (2)
نعوض معادلة (1) في معادلة (2) اي (قيمة x في y) فينتج: (او حل المعادلات حلاً انياً)
$$2y - 2(2 - y) = 1$$
$$2y - 4 + 2y = 1$$
$$4y = 5$$
ومنه ينتج: $y = 1.25\ mol/L$

او عدد المولات الابتدائية
$[H_2] = [I_2] = y = 1.25\ mol/L$
$[HI] = 2y = 2.5\ mol/L$

5) نجد K_C:
$$K_C = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{(2)(2)}{1^2} = 4$$

23-2

صف اربعة اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة :

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$
(2 د/ 2016)
(2015 – د1/خ ق- كيف يمكن زيادة الانتاج)

الحل:

لكي نزيد من انتاج الامونيا نجري الاتي:
1) اضافة المتفاعلات كل من N_2 و H_2 وسحب NH_3 بأستمرار .
2) زيادة الضغط .
3) تقليل الحجم .
4) تبريد اناء التفاعل .

24-2

للتفاعل المتزن: $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبدرجة حرارة $2000K$ وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي $3mol$. ما تراكيز خليط الاتزان علماً بأن ثابت الاتزان K_C يساوي 4 ؟ (3د/ 2017) (د2- خ ق /2015)

الحل:

1) الفرضية:
نفرض ان عدد المولات لكل من CO_2 و H_2 في بداية التفاعل $y =$ (وهي تساوي المولارية لان الحجم واحد لتر)

2) نعمل جدولاً وكالاتي:

M	$CO_{2(g)}$ +	$H_{2(g)}$ ⇌	$CO_{(g)}$ +	$H_2O_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	y	y	0	0
التغير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	$y-x$	$y-x$	x	x

3) نجد قيمة y من عدد المولات الكلية n_T :

$$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{CO} + n_{H_2O}$$
$$3mol = y - x + y - x + x + x$$
$$2y = 3 \Rightarrow y = 1.5mol$$

4) نجد قيمة x من K_C :

$$K_C = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{(1.5-x)^2} \quad \sqrt{}$$
$$2 = \frac{x}{1.5-x} \Rightarrow x = 1\ mol/L$$

5) نجد التراكيز المولارية عند الاتزان:

$$[CO_2] = [H_2] = y - x = 1.5 - 1 = 0.5\ mol/L$$
$$[CO] = [H_2O] = x = 1\ mol/L$$

25-2

للتفاعل المتزن غير المتجانس: $CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(S)}$
بدرجة حرارة $800C^o$ وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان يساوي $0.235atm$. احسب K_C للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها .

الحل:

1) نجد K_P من P_{CO_2} :

$$K_P = \frac{1}{P_{CO_2}} = \frac{1}{0.235} = 4.26$$

2) نجد K_C من K_P:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 800 + 273 = 1073K$$
$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 0 - 1 = -1$$
$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g}$$
$$K_C = 4.26(0.082 \times 1073)^{-(-1)}$$
$$K_C = 4.26(88)^{+1} = 374.8$$

26-2

وضع $4g$ من غاز HF في وعاء مغلق حجمه $2L$ عند درجة حرارة $27C^o$ وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الاتية: $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ فاذا كان K_P للتفاعل يساوي 1.21 .
احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بان الكتلة المولية للغاز تساوي $20\ g/mol$. $(\sqrt{1.21} = 1.1)$
(2 د/ 2017)
($0.85atm$ احسب K_P - ازداد H_2 بمقدار - خارج القطر 1 د/ 2017)

الحل:

1) نجد الضغط الابتدائي لغاز HF من القانون العام للغازات وكالاتي :

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 27 + 273 = 300K$$



$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \quad = \frac{4g}{20(g/mol)} = 0.2\ mol$$

$$PV = nRT \qquad P = \frac{nRT}{V} = \frac{(0.2 \times 0.082 \times 300)}{2} = 2.46\ atm$$

2) كتابة الجدول:

الضغط/ atm	$2HF_{(g)}$ ⇌	$H_{2(g)}$ +	$F_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	2.46	0	0
التغير في الضغوط	$-2x$	$+x$	$+x$
الضغوط عند الاتزان	$2.46-2x$	x	x

3) نجد قيمة x من K_P :

$$K_P = \frac{P_{H_2}P_{F_2}}{P^2_{HF}} \Rightarrow 1.21 = \frac{x^2}{(2.46-2x)^2} \quad \sqrt{} \Rightarrow 1.1 = \frac{x}{2.46-2x}$$

$$x = 2.7 - 2.2x \Rightarrow 3.2x = 2.7 \Rightarrow x = 0.85atm$$

4) نجد ضغط HF عند الاتزان :

$$P_{HF} = 2.46 - 2x = 2.46 - 2(0.85) = 2.46 - 1.70 = 0.76atm$$

27-2

اذا كانت درجة تفكك مول واحد N_2O_4 الى NO_2 هي 20 % عند درجة حرارة $27C^o$ وضغط $1atm$ وفي اناء حجمه لتر واحد . احسب قيمة K_P للتفاعل . (معلومة: درجة التفكك تساوي الجزء الى الكل مضروباً في 100) . (2014 د/ 1)

الحل:

ملاحظة: (السؤال مشابه لسؤال 18)

V= 1L ∵
M=n(mol) ∴

نجد اولاً تركيز المتفكك (x) من % ثم نجد التراكيز عند الاتزان ثم نجد K_C ثم نجد K_P وكالاتـــــي:

1) نجد تركيز N_2O_4 المتفكك (x) :

$$\%\ \text{للتفكك} = \frac{[\text{المتفكك}]}{[\text{الابتدائي}]} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x}{1} \times 100 \Rightarrow x = 0.2\ mol/L$$

2) كتابة الجدول:

M	$N_2O_{4(g)}$ ⇌	$2NO_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0
التغير في التراكيز	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$1-x$	$2x$

3) التراكيز عند الاتزان هي:

$$[N_2O_4] = 1 - x = 1 - 0.2 = 0.8\ mol/L$$
$$[NO_2] = 2x = 2(0.2) = 0.4mol/L$$

4) نجد K_C

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0.4)^2}{0.8} = 0.2$$

5) نجد K_P من K_C :

$$\Delta n_g = \sum n_g\ (products) - \sum n_g\ (reactants) = 2 - 1 = 1$$

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 27 + 273 = 300K$$

$$K_P = K_C\ (RT)^{\Delta n_g} = 0.2\ (0.082 \times 300)^1 = 4.92$$

ملاحظة: (من المفترض ان تكون قيمة K_C تساوي 0.25 فتكون قيمة K_P 6.15)

28-2

في اناء مغلق حجمه لتر واحد أجري التفاعل الاتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_f}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$

عند $490C^o$ كان ثابت سرعة التفاعل الامامي $K_f = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.0136 وأن ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة $872K$ يساوي 59 ، بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يلي من اجراءات:

أ) اضافة مزيد من H_2 .
ب) انخفاض درجة الحرارة .
جـ) ازاحة بعض من I_2 .

الحل:

أ) بما ان اضافة المتفاعلات (H_2) يتجه نحو النواتج (HI) ، لذلك فأن عدد مولات HI تزداد .

ب) لانعرف تأثير انخفاض درجة الحرارة الا بعد معرفة هل ان التفاعل ماص ام باعث للحرارة كالاتي:

1) نجد K_{eq} :

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

2) نحول درجة الحرارة الى $T(K)$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 490 + 273 = 763K$$

3) نقارن الثابتين بالدرجتين الحراريتين:

$T(K)$	K_{eq}
$763K$	46
$872K$	59

تسخين — زادت قيمة الثابت

بما ان العملية تسخين وحيث ان التسخين يتجه نحو الماص لكن نلاحظ ان قيمة K_{eq} تزداد اي التفاعل يتجه بالاتجاه الامامي ، اي الامامي ماص للحرارة
اذن التفاعل ماص للحرارة

بمـــا ان انخفاض درجة الحرارة (التبريد) للتفاعل اعلاه في السؤال يتجه نحو الباعث وحيث ان التفاعل الامامي ماص اي يتجه بالاتجاه الخلفي الباعث للحرارة اي تقل مولات HI .

ج) ازاحة بعض من I_2 اي سحب متفاعلات يتجه نحو المادة المسحوبة اي خلفي اي تقل مولات HI .

29-2

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_P بدرجة حرارة $1000K$ للتفاعلات: (2019 د/ 1)

1) $C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}$ $\quad K_{P1} = 2.9 \times 10^{10}$

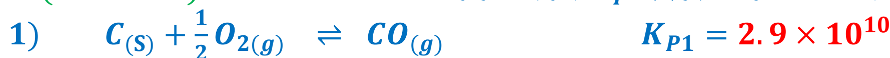
2) $C_{(S)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $\quad K_{P2} = 5 \times 10^{20}$

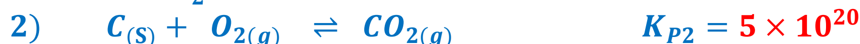
احسب ثابت الاتزان بدلالة K_C للتفاعل: $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

الحل:

1) نجد K_P

المعادلة الاولى تقلب وتضرب بالعدد 2 والمعادلة الثانية تضرب بالعدد 2


$$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(S)} + O_{2(g)} \qquad K_{P1} = \frac{1}{(2.9\times10^{10})^2} = \frac{1}{8.41\times10^{20}}$$


$$2C_{(S)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \qquad K_{P2} = (5\times10^{20})^2 = 25\times10^{40}$$

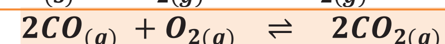


بالجمع

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

$$K_P = K_{P1}\times K_{P2} = \frac{1}{8.41\times10^{20}} \times 25\times10^{40} = 3\times10^{20}$$

2) نجد K_C من K_P :


$$\Delta n_g = \sum n_g\,(products) - \sum n_g\,(reactants) = 2 - 3 = -1$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} = 3\times10^{20}(0.082\times1000)^{-(-1)} = 2.4\times10^{22}$$

ملاحظة

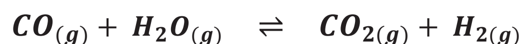
1) نجد K_P حسب القاعدة الثالثة من اهمية ثابت الاتزان .
2) الحل مشابه لقانون هيس (الفصل 1) من حيث ايجاد المعادلة المطلوبة ولكن الثابت ينتج بضرب الثوابت عكس ΔH بجمع قيم ΔH .

30-2

في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكون غاز CO_2 و H_2 بدرجة حرارة $700K$. ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة الاتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علماً إن ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 5.29 . $(\sqrt{5.29} = 2.3)$. (2018/ تمهيدي) (2018/ د2)

الحل:

1) كتابة المعادلة الكيميائية:



$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

2) نجد حاصل التفاعل Q ويقارن مع K_C لمعرفة اتجاه التفاعل :

(M=n(mol))

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{1\times1}{1\times1} = 1$$

بما ان $K_C > Q$

$(5.29 > 1)$ لذلك فأن اتجاه التفاعل هو بالاتجاه الامامي .

3) نعمل جدولاً لنجد قيمة x من K_C:

M	$CO_{(g)}$ +	$H_2O_{(g)}$ ⇌	$CO_{2(g)}$ +	$H_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	1	1	1
التغير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	$1-x$	$1-x$	$1+x$	$1+x$

$$K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 5.29 = \frac{(1+x)^2}{(1-x)^2} \quad \sqrt{\ } \Rightarrow 2.3 = \frac{1+x}{1-x}$$

$$1 + x = 2.3 - 2.3x \Rightarrow 3.3x = 1.3 \Rightarrow x = \frac{1.3}{3.3} = 0.394\ mol/L$$

4) نجد التراكيز عند الاتزان :

$$[CO] = [H_2O] = 1 - x = 1 - 0.394 = 0.606\ mol/L$$
$$[CO_2] = [H_2] = 1 + x = 1 + 0.394 = 1.394\ mol/L$$

31-2

للتفاعل $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 6×10^{-3} عند درجة حرارة $298K$ ، ولكنه يساوي 1.5×10^{-2} عند درجة حرارة $35C^o$ ، هل تفكك رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص للحرارة ؟

الحل: (يحل بنفس طريقة س28 الفقرة (2) اي:

1) يجب ان تكون درجة الحرارة بنفس الوحدة اي نحول مثلاً السيليزي الى الكلفن:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 35 + 273 = 308K$$

2) نقارن الثابتين بالدرجتين الحراريتين ونستنتج هل التفاعل ماص او باعث:

$T(K)$	K_{eq}
$298K$	6×10^{-3}
$308K$	1.5×10^{-2}

تسخين

زيادة قيمة الثابت

بما ان العملية تسخين وحيث ان التسخين يتجه نحو الماص لكن نلاحظ ان قيمة K_C تزداد اي التفاعل يتجه بالاتجاه الامامي ، اي الامامي ماص للحرارة اذن التفاعل ماص للحرارة .

32-2

للتفاعل المتزن الآتي: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وجد ان خليط الاتزان بدرجة حرارة $25C^o$ يحتوي على:

$[SO_3] = 0.002mol/L$ و $[SO_2] = 0.08mol/L$ و $[O_2] = 0.01mol/L$

وعند تبريد التفاعل الى $10C^o$ وجد K_C للتفاعل يساوي 4 بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة .

(2014 د/ 2 -خاص) (2016 د/ 1 - بتغير التراكيز)

الحل:

(يحل بنفس طريقة س 31 و س 28)

1) نجد K_C بدرجة $25C^o$ لان التراكيز عند الاتزان معلومة ثم يقارن مع K_C بدرجة $10C^o$:

$$K_C = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(0.08)^2(0.01)}{(0.002)^2} = 16$$

2) نقارن الثابتين بالدرجتين الحراريتين ونستنتج هل التفاعل ماص او باعث:

K_C	$t(C^o)$
16	25
4	10

قيمة الثابت قلت ، تبريد

بما ان العملية تبريد وحيث ان التبريد يتجه نحو الباعث لكن نلاحظ ان قيمة K_C قلت اي التفاعل يتجه بالاتجاه الخلفي ، اي الخلفي باعث للحرارة والامامي ماص ، اذن التفاعل ماص للحرارة .

ملاحظة: عندما يقل كل من الثابت ودرجة الحرارة او يزداد كلاهما فالتفاعل ماص للحرارة والعكس صحيح .

33-2

وضح الفرق بين ΔG و ΔG^o واكتب العلاقة بينهما . متى تكون قيمة ΔG تساوي ΔG^o ، اثبت ذلك حسابياً ؟

(2014 د/ 1) (2018 /تمهيدي) (2018/ د 1- خ ق)

الحل:

الفرق هو:

ΔG : الطاقة الحرة غير القياسية

ΔG^o : الطاقة الحرة القياسية

العلاقة هي:

$$\Delta G = \Delta G_r^o + RTLnQ$$

عندما $\Delta G = \Delta G_r^o$ ، $Q = 1$ لان $Ln1 = 0$ وكالاتي:

$$\Delta G = \Delta G_r^o + RTLnQ$$
$$\Delta G = \Delta G_r^o + RTLn1$$
$$\Delta G = \Delta G_r^o + RT(0)$$
$$\Delta G = \Delta G_r^o$$

34-2

اذا علمت ان ثابت التاين الذاتي للماء عند درجة حرارة $25C^o$ وضغط $1atm$ تساوي 1×10^{-14} .

احسب قيمة ΔG^o للتأين :  $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الحل:

1) $T(K) = t(C^o) + 273 = 25 + 273 = 298K$

2)
$$\Delta G_r^o = -RTLnK_{eq}$$
$$\Delta G_r^o = -8.314 \times 298Ln(1 \times 10^{-14})$$
$$\Delta G_r^o = -8.314 \times 298(-14)Ln10$$
$$\Delta G_r^o = +8.314 \times 298 \times 14 \times 2.3$$
$$\Delta G_r^o = +79881\ J/mol$$

(ثابت التاين الذاتي للماء هو K_w او K_{eq})



مسائل وزارية خارجية:

سؤال وزاري (2016 / تمهيدي) (2015 /د 1) املا الفراغات:
تتوقف العلاقة بين K_C و K_P على قيمة .... ج/ Δn_g

سؤال وزاري (2013 /د 1):
ما تأثير (تقليص الحجم ، زيادة درجة الحرارة) على حالة التوازن وقيمة ثابت التوازن لتفاعل غازي باعث للحرارة وأن $\Delta n_g = -1$ فيه وذلك حسب قاعدة لوشاتليه .

سؤال وزاري (2015 /د 1):
تفاعل متزن ثابت سرعة التفاعل الامامي له (0.036) وثابت سرعة التفاعل الخلفي له (0.009) فأن ثابت الاتزان له ....

سؤال وزاري (2015 /د 1) خاص :
تفاعل متزن ثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b له (0.02) وثابت سرعة التفاعل الامامي K_f له (0.084) احسب ثابت الاتزان K_{eq} له .

سؤال وزاري (2016 /د 3):
التفاعل الغازي الاتي: $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ في وعاء حجمه 2L سخن 0.4mol من كل من الغازات H_2 و I_2 و HI وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان ، احسب عدد مولات الخليط عند الاتزان اذا علمت ان K_C للتفاعل: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ يساوي 0.25 . ج/ (0.6mol و 0.3mol)

سؤال وزاري (2016 /د 3):
وضع 2mol من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه 2L وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم 0.4mol حسب التفاعل الاتي: $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$ فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لاناء اخر حجمة 2L الناتج من خليط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2mol لكل منها .
ج/ 2.4mol

سؤال (2016 /د 3) /
تكون قيمة ΔG تساوي ΔG^o عندما .... ج/ $Q = 1$

سؤال واجب:
للتفاعل المتزن الماص للحرارة الاتي : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ صف عدد من الاجراءات لزيادة الانتاج ؟

سؤال وزاري (2017 /د 2 – خارج القطر)
التفاعل الغازي الاتي: $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$ في وعاء حجمه 2L سخن 0.4mol من كل من الغازات H_2 و Br_2 و HBr وبدرجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل الى حالة الاتزان احسب عدد مولات الخليط عند الاتزان اذا علمت ان ثابت تفكك مول واحد من HBr يساوي 0.5 .

ج/ (0.6mol و 0.3mol)

الفصـــل الثالث

الاتزان الايونـــــي

الاستاذ حبيب الجنابـــــي

الاستاذ حبيب الجنابـــــي

2020







المحلول: هو مزيج متجانس يتكون من المذاب والمذيب أي (المحلول = مذاب + مذيب) .

المحلول المائي: هو مزيج متجانس ناتج من ذوبان المادة (المذاب) في الماء (المذيب) وليس في مذيب اخر .

س/ على أي اساس تصنف المواد في الاتزان الايوني ؟
ج/ وذلك حسب قابلية محاليلها المائية على نقل التيار الكهربائي وهي على نوعان: المواد غير الالكتروليتية والمواد الالكتروليتية .

المواد غير الالكتروليتية:

تعريفها: وهي المواد التي تكون محاليلها المائية غير موصلة للتيار الكهربائي رغم ذوبانها في الماء ، أي انها لاتتفكك أي لاتعطي ايونات سالبة وايونات موجبة .

امثلة:

1) السكر(السكروز) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (راجع السكريات في فصل الحياتية).
2) خلات المثيل (مثيل ايثانوات) CH_3COOCH_3 (راجع الاسترات في فصل العضوية) .
3) كحول المثيل (الميثانول) CH_3OH (راجع الكحولات في فصل العضوية) .

المواد الالكتروليتية(الالكتروليتات):

تعريفها: وهي المواد التي يكون لمحاليلها المائية او لمنصهرها (كالاملاح) القابلية على توصيل التيار الكهربائي أي انها تتفكك لتعطي ايونات موجبة وسالبة ، وتشمل الحوامض والقواعد والاملاح ، حيث تعد الحوامض والقواعد مركبات مستقطبة اما الاملاح فهي مركبات ايونية.

مميزاتها: (تمهيدي 2014)

1) لها القابلية على توصيل التيار الكهربائي في محاليلها المائية او منصهراتها . (2016 د/ 3 - علل) (تمهيدي 2017)
2) محاليلها متعادلة كهربائياً ، لان محصلة الشحنة الكهربائية لمحاليلها تساوي صفر .
3) عند ذوبانها في الماء (مذيب مستقطب) فان محاليلها تعطي ايونات سالبة وايونات موجبة .
4) تعتمد قابلية المحلول الالكتروليتي للتوصيل الكهربائي على: طبيعة الايونات وتركيز الايونات ودرجة حرارة المحلول (2014 د/ 1) (2018/د 2)

اصنافها:

1) الالكتروليتات القوية:

وهي المواد التي تكون عالية التوصيل للكهربائية عند ذوبانها في الماء ، وذلك بسبب تفككها التام الى ايونات ومعادلات التفكك لها غير انعكاسية ، وتشمل الحوامض القوية والقواعد القوية والاملاح تامة الذوبان .

امثلة:

الحوامض القوية:

1) حامض الهيدروكلوريك $HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
2) حامض الهيدروبروميك $HBr_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$
3) حامض الهيدرويوديك $HI_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$
4) حامض النتريك $HNO_{3(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$
5) حامض الكبريتيك $H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$
6) حامض الكروميك $H_2CrO_{4(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + CrO^{2-}_{4(aq)}$
7) حامض البيركلوريك $HClO_{4(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + ClO^-_{4(aq)}$

القواعد القوية:

1) هيدروكسيد الصوديوم $NaOH_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
2) هيدروكسيد البوتاسيوم $KOH_{(aq)} \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
3) هيدروكسيد الليثيوم $LiOH_{(aq)} \rightarrow Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
4) هيدروكسيد الربيديوم $RbOH_{(aq)} \rightarrow Rb^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
5) هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_{2(aq)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
6) هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

املاح تامة الذوبان:

1) كلوريد الصوديوم $NaCl_{(S)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
2) خلات الصوديوم $CH_3COONa_{(S)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$
3) كلوريد الامونيوم $NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$



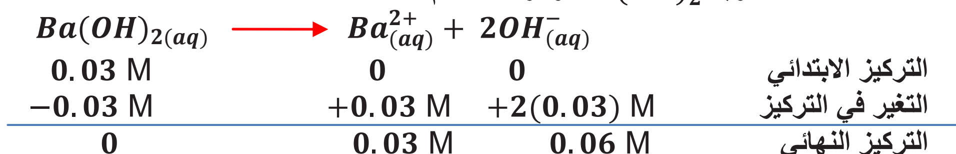
س/ كيف تحسب تراكيز الايونات للالكتروليتات القوية في محاليلها المائية ؟
ج/ وذلك بصورة مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية .

مثال 1-3

احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{2+} وايون OH^- في محلول (0.03 M) من هيدروكسيد الباريوم .

الحل:

نكتب معادلة تفكك القاعدة القوية $Ba(OH)_2$ وهو تفكك تام :



	$Ba(OH)_{2(aq)}$ →	$Ba^{2+}_{(aq)}$ +	$2OH^-_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.03 M	0	0
التغير في التركيز	−0.03 M	+0.03 M	+2(0.03) M
التركيز النهائي	0	0.03 M	0.06 M

∴ تراكيز الايونات هي : $[OH^-] = 0.06$ M ، $[Ba^{2+}] = 0.03$ M

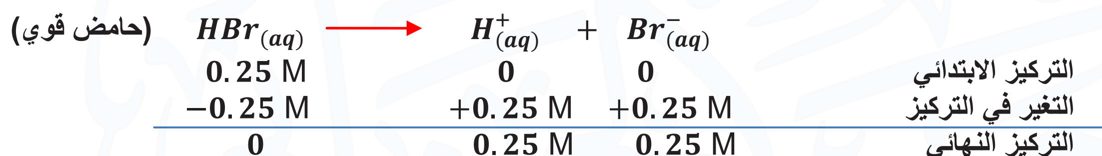
تمرين 1-3

احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات (الكتروليتات قوية) التالية حسب التراكيز المشار اليها:

أ) HBr 0.25 M   ب) KOH 0.055 M   ج) $CaCl_2$ 0.155 M

الحل:

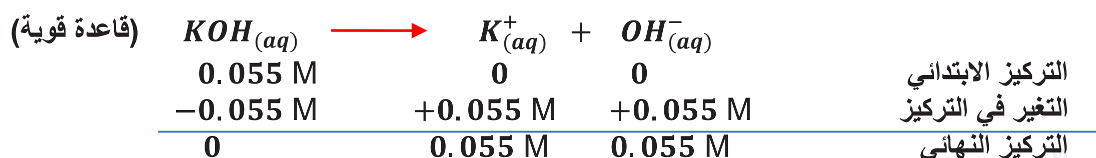
أ)



	$HBr_{(aq)}$ →	$H^+_{(aq)}$ +	$Br^-_{(aq)}$	(حامض قوي)
التركيز الابتدائي	0.25 M	0	0	
التغير في التركيز	−0.25 M	+0.25 M	+0.25 M	
التركيز النهائي	0	0.25 M	0.25 M	

∴ تراكيز الايونات هي : $[H^+] = [Br^-]$ 0.25 M

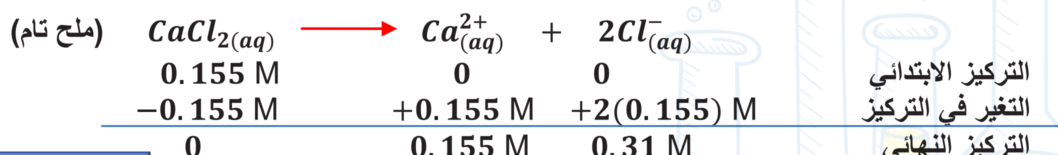
ب)



	$KOH_{(aq)}$ →	$K^+_{(aq)}$ +	$OH^-_{(aq)}$	(قاعدة قوية)
التركيز الابتدائي	0.055 M	0	0	
التغير في التركيز	−0.055 M	+0.055 M	+0.055 M	
التركيز النهائي	0	0.055 M	0.055 M	

∴ تراكيز الايونات هي : $[K^+] = [OH^-]$ 0.055 M

ج)



	$CaCl_{2(aq)}$ →	$Ca^{2+}_{(aq)}$ +	$2Cl^-_{(aq)}$	(ملح تام)
التركيز الابتدائي	0.155 M	0	0	
التغير في التركيز	−0.155 M	+0.155 M	+2(0.155) M	
التركيز النهائي	0	0.155 M	0.31 M	

∴ تراكيز الايونات هي : $[Cl^-] = 0.31$ M ، $[Ca^{2+}] = 0.155$ M

سؤال وزاري (2017/د1 – موصل)

لتر من محلول H_2SO_4 بتركيز 0.12 M فأن $[H^+]$ = ...   ج// 0.24 M



2) الالكتروليتات الضعيفة: (2017/د3 – موصل)

وهي الالكتروليتات التي تكون محاليلها المائية ضعيفة التوصيل للكهربائية لكونها تتأين بشكل جزئي (غير تام) عند ذوبانها في الماء ، ولها تفاعلات انعكاسية ، وتشمل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة والاملاح شحيحة الذوبان .

امثلة:

الحوامض الضعيفة:

1) حامض الخليك $CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

2) حامض الهيدروسيانيك $HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$

3) حامض النتروز $HNO_{2(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + NO^-_{2(aq)}$

4) حامض الهيدروفلوريك $HF_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$

5) حامض الفينول $C_6H_5OH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5O^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

6) حامض الفورميك $HCOOH_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

7) حامض البروبانويك $C_2H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_2H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

حوامض متعددة البروتون (تفقد H^+ على مراحل):

8) حامض الكاربونيك $H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$

9) حامض الفسفوريك $H_3PO_{4(aq)} \rightleftharpoons 3H^+_{(aq)} + PO^{3-}_{4(aq)}$

10) حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_{4(aq)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + C_2O^{2-}_{4(aq)}$

القواعد الضعيفة:

1) الامونيا $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$

2) الانيلين (او C_6H_7N) $C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH^+_{3(aq)} + OH^-_{(aq)}$

3) البريدين $C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

4) مثيل امين $CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH^+_{3(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الاملاح شحيحة الذوبان:

1) كلوريد الفضة $AgCl_{(S)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

2) كبريتات الباريوم $BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

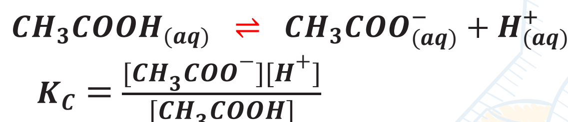
3) فلوريد الكالسيوم $CaF_{2(S)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$

توضيح: اي ان الاصناف الثلاثة اعلاه هي التي لها تفاعلات انعكاسية غير تامة حيث تتفكك المتفاعلات اولاً الى ايونات ثم تبدأ الايونات النواتج بالتفاعل لتنتج المتفاعلات الى يصل التفاعل حالة الاتزان فتكون فيها التراكيز ثابتة وتتساوى سرعة التفاعل الامامي مع سرعة التفاعل الخلفي ، وتوصف حالة الاتزان على انها حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليس استاتيكي (ساكن) .

الاتزان الايوني: يعبر عن حالة الاتزان الايوني بدلالة ثابت الاتزان K_C والذي يعرف على انه حاصل ضرب التراكيز المولارية عند حالة الاتزان للنواتج مقسوماً على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمتفاعلات عند الاتزان وكل منها مرفوع الى اس مساو الى عدد المولات في المعادلة الكيميائية الموزونة .

ملاحظة: الاتزان الايوني يخص الالكتروليتات الضعيفة فقط دون القوية

حامض الخليك اعلاه :



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$K_C = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

- يمكن حساب التركيز المولاري للماء في المحاليل المخففة (المستخدم كمذيب) وهو يساوي التركيز المولاري للماء النقي وكالاتي: لنأخذ لتر واحد من الماء (كثافة الماء $= 1\ Kg/L$) .

1) نجد الكتلة المولية للماء (M) : $M\ (H_2O) = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 2 + 16 = 18\ g/mol$



2) نجد عدد غرامات الماء في لتر واحد منه من قانون الكثافة:

$$\rho\,(Kg/L) = \frac{m(Kg)}{V(L)} \Rightarrow 1\left(\frac{Kg}{L}\right) = \frac{m(Kg)}{1\,L}$$

$$m(Kg) = 1Kg \Rightarrow m(g) = 1000\ g$$

3) نجد المولارية :



$$M = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \times \frac{1}{V(L)} = \frac{1000\ g}{18g/mol} \times \frac{1}{1L} = 55.55mol/L$$

وبما ان تركيزالماء(المذيب) ثابت وله قيمة كبيرة لذلك لايظهر في قانون K_C انما تدمج قيمة تركيزة مع K_{eq} لينتج K_C (مثال/3 – 2)

مثال 3-2

اكتب التعبير الرياضي لحساب قيمة K_C لمحلول الامونيا المائي المخفف .

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الحل:

$$K_{eq} = \frac{[NH_4^+]\,[OH^-]}{[NH_3][H_2O]} \Rightarrow K_{eq} = \frac{K_C}{[H_2O]}$$

$$K_C = K_{eq} \times [H_2O] = K_{eq} \times 55.55 \Rightarrow K_C = \frac{[NH_4^+]\,[OH^-]}{[NH_3]}$$

تفكك الالكتروليتات الضعيفة:

حامض برونشتد: وهو المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون (H^+) وتكوين قاعدة قرينة .

اي: حامض ⇌ بروتون + قاعدة قرينة

امثله: قد يكون الحامض جزيئة متعادلة مثال HCl ، H_2SO_4 ، CH_3COOH (الحامض القوي او الضعيف) ، H_2O

او ايون سالب مثال $H_2PO_4^-$ او ايون موجب مثال NH_4^+ (ايون الامونيوم) .

قاعدة برونشتد: وهي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون (H^+) وتكوين حامض قرين .

اي: حامض قرين ⇌ بروتون + قاعدة

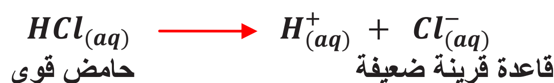
امثله: قد تكون القاعدة جزيئة متعادلة مثال NH_3 ، $C_6H_5NH_2$

او ايون سالب مثال CH_3COO^- (ايون الخلات) ، OH^-

القاعدة القرينة: هي حامض برونشتد بعد فقدانه للبروتون ، مثال Cl^- ، CH_3COO^- .

الحامض القرين: هو قاعدة برونشتد بعد اكتسابها للبروتون ، مثال NH_4^+ ، H_2O^+ (ايون الهيدرونيوم) .

توضيح :



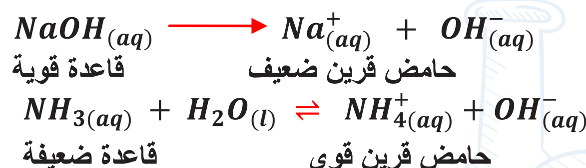
$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

حامض قوي — قاعدة قرينة ضعيفة



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

حامض ضعيف — قاعدة قرينة قوية



$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قاعدة قوية — حامض قرين ضعيف

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قاعدة ضعيفة — حامض قرين قوي

((اي لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه في القوة ، ولكل قاعدة حامض قرين يخالفها في القوة))

الخلاصة:

لكل حامض قوي قاعدة قرينة ضعيفة مثال (HCl ، Cl^-)

لكل حامض ضعيف قاعدة قرينة قوية مثال (CH_3COOH ، CH_3COO^-)

لكل قاعدة قوية حامض قرين ضعيف مثال ($NaOH$ ، Na^+)

لكل قاعدة ضعيفة حامض قرين قوي مثال (NH_3 ، NH_4^+)

ملاحظة

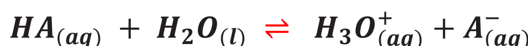
1) تعتمد قوة الحامض او القاعدة حسب نظرية برونشتد على:
- مدى قابلية الحامض على فقدان البروتون (H^+) .
- مدى قابلية القاعدة على اكتساب البروتون (H^+) .

2) عندما نقول قرين قوي نعني يمكن له ان يتفاعل مع جزيئة اخرى ، وعندما نقول قرين ضعيف اي لايتفاعل .

3) لموضوع القرائن اهمية كبيرة في موضوع الاملاح من الفصل الحالي .

الحوامض الضعيفة:

بما ان الحوامض الضعيفة من الالكتروليتات الضعيفة لذا فان عملية تفككها غير تامة ولها حالة اتزان وثابت اتزان كما في التفاعل العام الاتي:



$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

ويحسب ثابت الاتزان (K_a) للحامض الضعيف كالاتي:

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

مثال: حامض الفورميك



$$HCOOH_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H^+]}{[HCOOH]}$$

ملاحظة

1) الماء لايدخل في قانون K_a لان تركيز الماء ثابت كما ذكرنا ، لذلك يمكن لنا حذف الماء من القانون وكذلك من المعادلة .

2) K_a تعني ثابت تفكك الحامض الضعيف (a تعني $acid$ يعني حامض) .

3) $[H^+] = [H_3O^+]$ حيث H_3O^+ هو ايون الهيدرونيوم .

4) الاقواس [ ] تعني تراكيز مولارية

5) لكل حامض ضعيف ثابت تفكك (K_a) خاص به وهو مقياس لقوة الحامض ، اي كلما كانت قيمة K_a كبيرة فهذا يعني ان الحامض قوي نسبياً قياساً لحامض اخر له قيمة K_a صغيرة ، والسبب هــو:
لانه عندما تكون قيمة K_a كبيرة هذا يعني ان التفاعل هو بالاتجاه الامامي اي يتفكك ليعطي نواتج وحيث العلاقة طردية بين K_a وتركيز النواتج .

مثال:

$$K_a\,(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$$
$$K_a\,(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$$

هنا كلا الحامضين ضعيف ولكن حامض الخليك اقوى نسبياً من حامض الهيدروسيانيك لان K_a للخليك اكبر .

6) لايوجد للحوامض القوية ثابت تفكك K_a ، لان تفككها تام (تستهلك كلياً) وغير انعكاسي وتراكيز المتفاعلات تكون صفر في نهاية التفاعل .

الحسابات:

1) يمكن حساب تركيز H^+ للحامض الضعيف من قانون K_a على ان تكون قيمة K_a معلومة و تركيز الحامض عند الاتزان معلوم كما في القانون العام :

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

2) حساب درجة التفكك (التأين) :

$$\text{درجة التأين} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي}}$$

درجة التأين: (2017/د2 – موصل)
وهي نسبة التركيز المولاري للجزء المتأين من الالكتروليت الضعيف الى التركيز المولاري للالكتروليت الضعيف (2017 تمهيدي)

3) النسبة المئوية للتأين:

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100$$

او % للتأين = درجة التأين × 100

ملاحظة

1) تركيز المتأين يمثل تركيز H^+ للحامض الضعيف ويرمز له بالرمز (x) ، (وللقاعدة الضعيفة يمثل تركيز OH^-) .

2) التركيز الابتدائي يساوي التركيز عند الاتزان (بالتقريب) على اعتبار ان تركيز المتاين قليل جدا .

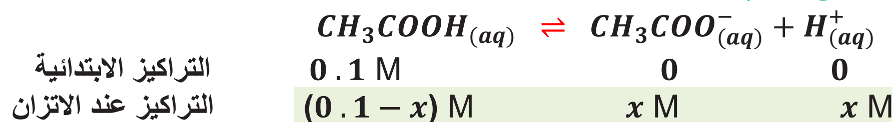


مثال 3-3

احسب تركيز ايون المائي H^+ في 0.1 M محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التاين النسبة المئوية لتفكك الحامض ، اذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك 1.8×10^{-5} . $(\sqrt{1.8} = 1.3)$

الحل:

1) كتابة المعادلة الكيميائية المتوازنة لتفكك الحامض الضعيف:



	$CH_3COOH_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $CH_3COO^-_{(aq)}$	$+ H^+_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.1 - x)$ M	x M	x M

ملاحظة: بما ان قيمة K_a صغيرة لذلك فان قيمة x تهمل اي يصبح تركيز الحامض عند الاتزان هو : $0.1 - x \cong 0.1$ M
اي نستخدم طريقة التقريب .

2) نحسب تركيز H^+ (x) من قانون K_a:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \quad \sqrt{} \Rightarrow \quad x = 1.3 \times 10^{-3} \text{ M} = [H^+]$$

3) درجة التأين:

درجة التأين = $\frac{\text{تركيز الجزء المتأين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي}} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.013$

4) % للتأين:

النسبة المئوية للتأين = $\frac{\text{تركيز ايون } H^+ \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100$

النسبة المئوية للتأين = $\frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100 = 1.3\%$

س/ متى نستخدم التقريب ونهمل قيمة x ؟

ج/ في الحالات الاتية:

1) اذا كانت قيمة K_a صغيرة اي تساوي 10^{-5} فما دون اي 10^{-6} ، 10^{-7} ، 10^{-8} ، ....
2) اذا كانت قيمة % للتأين صغيرة اي 5 % فما دون اي 4% ، 3 % ، 2 % ، ....



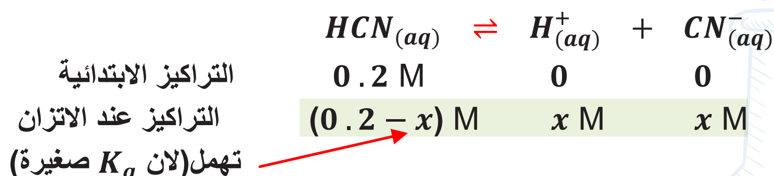
ملاحظة:

1) نلاحظ ان تركيز ايون H^+ المتاين له قيمة صغيرة مقارنة بالتركيز الابتدائي اي ان طريقة التقريب (x) اهمال كانت صحيحة .
2) عند اخذ الجذر التربيعي للرقم اعلاه نجعل دائما الاس عدداً زوجياً ليسهل حله .

تمرين 3-2

احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في المحلول المائي لحامض الهيدروسيانيك $(K_a = 4.9 \times 10^{-10})$ تركيزه يساوي 0.2 M .

الحل:



	$HCN_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $H^+_{(aq)}$	$+$ $CN^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.2 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.2 - x)$ M	x M	x M

تهمل(لان K_a صغيرة)

$$K_a = \frac{[CN^-][H^+]}{[HCN]} \Rightarrow 4.9 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2}$$

$$x^2 = 98 \times 10^{-12} \quad \sqrt{} \Rightarrow \quad x = 1 \times 10^{-5} \text{ M} = [H^+]$$



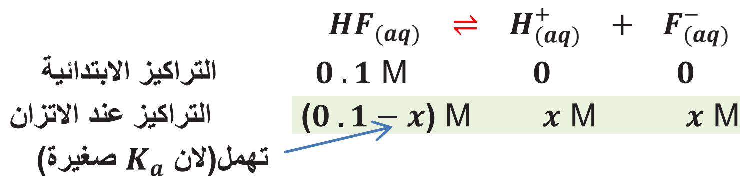
ملاحظة: (في جميع الاسئلة نستخدم طريقة التقريب لتبسيط الحل وتجنب الحل بالدستور حتى وان كانت قيمة الثابت كبيرة ، لاحظ مثال 4 التالي)

مثال 3-4

احسب درجة التفكك والنسبة المئوية للتأين لمادة حامض الهيدروفلوريك $(K_a = 6.8 \times 10^{-4})$ في محلولها المائي الذي تركيزه (أ) $0.1\ M$ و (ب) $0.01\ M$ وبين ما هي العلاقة بين النسبة المئوية للتأين وتركيز المحلول .

الحل:

أ) لمحلول تركيزه $0.1\ M$:



	$HF_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	$H^+_{(aq)}$	+	$F^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	$0.1\ M$		0		0
التراكيز عند الاتزان	$(0.1 - x)\ M$		$x\ M$		$x\ M$

تهمل(لان K_a صغيرة)

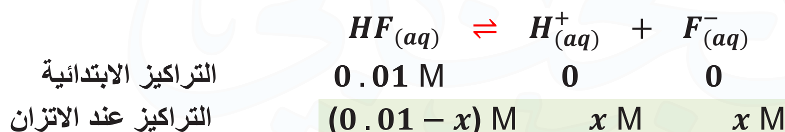
$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} \Rightarrow 6.8 \times 10^{-4} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 68 \times 10^{-6} \quad \surd \quad \Rightarrow x = 8.25 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

$$\text{درجة التأين} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي}} = \frac{8.25 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.0825$$

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \text{درجة التأين} \times 100 = 0.0825 \times 100 = 8.25\ \%$$

ب) لمحلول تركيزه $0.01\ M$:



	$HF_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	$H^+_{(aq)}$	+	$F^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	$0.01\ M$		0		0
التراكيز عند الاتزان	$(0.01 - x)\ M$		$x\ M$		$x\ M$

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} \Rightarrow 6.8 \times 10^{-4} = \frac{x^2}{0.01}$$

$$x^2 = 6.8 \times 10^{-6} \quad \surd \quad \Rightarrow x = 2.6 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

$$\text{درجة التأين} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي}} = \frac{2.6 \times 10^{-3}}{0.01} = 0.26$$

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \text{درجة التأين} \times 100 = 0.26 \times 100 = 26\ \%$$

س/ نلاحظ عند تخفيف المحلول عشر مرات فان درجة التفكك او النسبة المئوية للتأين تزداد ثلاث مرات ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان عملية التخفيف تؤدي الى ازاحة موقع الاتزان من موقعه الاصلي الى موقع جديد لازالة التأثير الخارجي (عملية التخفيف) حسب قاعدة لوشاتليه اي ان عملية التخفيف تؤدي الى نقصان في كمية الجزء غير المتفكك من المذاب (الحامض) وتزيد من كمية الجزء المتفكك منه (الايونات اي H^+) في وحدة الحجم من المحلول ليرجع الى حالة الاتزان مرة اخرى .

س/ تزداد درجة تفكك الالكتروليت الضعيف عند التخفيف ، علل ذلك ؟ (2013 /د 3) (2013 /تمهيدي)

ج/ نفس الجواب اعلاه .

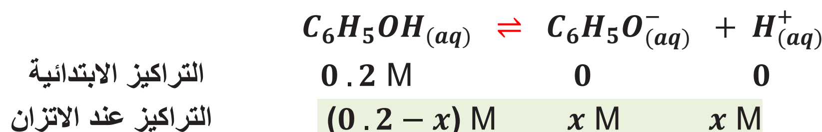


تمرين 3-3

احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في المحلول المائي للفينول C_6H_5OH $(K_a = 1.3 \times 10^{-10})$ الذي تركيزه (أ) 0.2 M (ب) بعد تخفيفه لمئة مرة . (0.3 M -1 د/ 2017)

الحل:

أ) لمحلول تركيزه 0.2 M : (نستخدم طريقة التقريب لان قيمة K_a صغيرة اقل من 10^{-5})



	$C_6H_5OH_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $C_6H_5O^-_{(aq)}$	$+\ H^+_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.2 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.2 - x)$ M	x M	x M

$$K_a = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} \quad \Rightarrow \quad 1.3 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2}$$

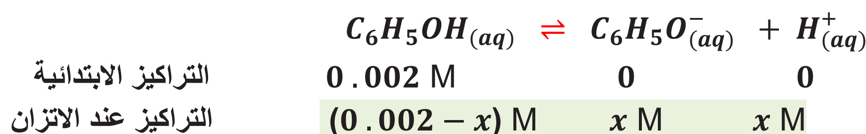
$$x^2 = 26 \times 10^{-12} \quad \surd \quad \Rightarrow \quad x = 5.1 \times 10^{-6}\ \text{M} = [H^+]$$

ب) بعد تخفيفه لمئة مرة:

نجد تركيز الحامض بعد التخفيف من القانون الاتي :

$$\text{عدد مرات التخفيف} = \frac{M_1\ \text{تركيز الحامض قبل التخفيف}}{M_2\ \text{تركيز الحامض بعد التخفيف}}$$

$$\frac{0.2}{M_2} = 100 \quad \Rightarrow \quad M_2 = \frac{0.2}{100} = 0.002\ \text{M}$$



	$C_6H_5OH_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $C_6H_5O^-_{(aq)}$	$+\ H^+_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.002 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.002 - x)$ M	x M	x M



$$K_a = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} \quad \Rightarrow \quad 1.3 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.002}$$

$$x^2 = 26 \times 10^{-14} \quad \surd \quad \Rightarrow \quad x = 5.1 \times 10^{-7}\ \text{M} = [H^+]$$

ملاحظة

عند تخفيف المحلول مائة مرة نلاحظ انخفاض تركيز ايون الهيدروجين H^+ عشر مرات حسب حسب قاعدة لوشاتليه .

الحوامض الضعيفة احادية البروتون:

وهي تلك الحوامض التي تمتلك ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتاين (بروتون حامضي واحد) عند تفككه في الماء ويكون لها ثابت تفكك واحد وتتفكك في خطوة واحدة ، مثال HF و HCN .

الحوامض الضعيفة متعددة البروتون: (2015 /د 2 - خ ق) (2017/د1 – موصل) (2017/ د 2) (2017 /د2- خ ق)

وهي الحوامض التي تمتلك اكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتاين (اكثر من بروتون حامضي واحد) وتتاين البروتونات على شكل مراحل ويمتاز كل بروتون حامضي واحد له ثابت تفكك خاص به ويكون البروتون الاول اكثر حامضية واكبر قيمة للثابت K_{a1} من البروتون الثاني كما في حامض الاكزاليك $H_2C_2O_4$ وحامض الفسفوريك H_3PO_4 .

امثلة:

1) حامض الاكزاليك $H_2C_2O_4$:

حيث يمتلك بروتونين ويتفكك في خطوتين وله ثابتي تفكك:



$$H_2C_2O_{4(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HC_2O^-_{4(aq)} \qquad K_{a1} = \frac{[H^+][HC_2O_4{}^-]}{[H_2C_2O_4]} = 5.37 \times 10^{-2}$$

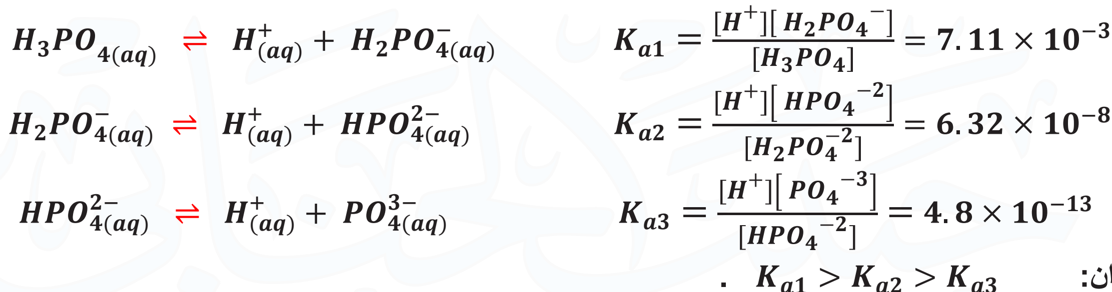
$$HC_2O^-_{4(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + C_2O^{2-}_{4(aq)} \qquad K_{a2} = \frac{[H^+][C_2O_4{}^{2-}]}{[HC_2O_4{}^-]} = 5.1 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان: $K_{a1} > K_{a2}$.

2) حامض الفسفوريك H_3PO_4 :

(2018/د2- خ ق)

حيث يمتلك ثلاث بروتونات ويتفكك في ثلاث خطوات وله ثلاث ثوابت:



$$H_3PO_{4(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + H_2PO^-_{4(aq)} \qquad K_{a1} = \frac{[H^+][H_2PO_4{}^-]}{[H_3PO_4]} = 7.11 \times 10^{-3}$$

$$H_2PO^-_{4(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HPO^{2-}_{4(aq)} \qquad K_{a2} = \frac{[H^+][HPO_4{}^{-2}]}{[H_2PO_4{}^{-2}]} = 6.32 \times 10^{-8}$$

$$HPO^{2-}_{4(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + PO^{3-}_{4(aq)} \qquad K_{a3} = \frac{[H^+][PO_4{}^{-3}]}{[HPO_4{}^{-2}]} = 4.8 \times 10^{-13}$$

نلاحظ ان: $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3}$.

س/ في الحوامض الضعيفة متعددة البروتونات نلاحظ $K_{a1} > K_{a2} K_{a3}$ ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك بسبب نقصان قابلية الاصناف التي تحمل شحنة سالبة على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب ازدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين ايونات ذرات الشحنات المختلفة .

ملاحظة: الموضوع اعلاه يخص الحوامض الضعيفة فقط اما الحوامض القوية فهي تتفكك في خطوة واحدة كما في H_2SO_4 .

القواعد الضعيفة:

وهي المواد التي تتأين بشكل غير تام في محلولها المائي ولها القابلية الجزئية (غير تامة) على اكتساب البروتون ولها ثابت تفكك القاعدة K_b (حيث b من $base$ وتعني قاعدة) .

توضيح:

1) نأخذ التفاعل العام للقواعد الضعيفة:



$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

حيث نجد $[OH^-]$ من K_b او من درجة التفكك او من % للتأين ، للقواعد الضعيفة الاربعة راجع الجدول .

2) عند حل المسائل المتعلقة بالقواعد الضعيفة يتبع نفس طريقة الحل في الحوامض الضعيفة كاستخدام طريقة التقريب .

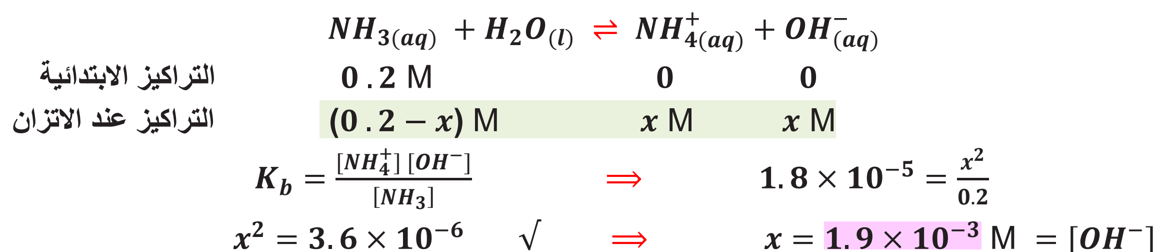
3) لايدخل الماء في القانون لان تركيزه ثابت كما ذكرنا سابقاً .



مثال 3-5

احسب تركيز ايون الهيدروكسيد $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للتاين للمحلول المائي للامونيا الذي تركيزه يساوي 0.2 M ، علماً ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحل:



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

	NH_3	NH_4^+	OH^-
التراكيز الابتدائية	0.2 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.2 - x)$ M	x M	x M

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.2}$$

$$x^2 = 3.6 \times 10^{-6} \quad \surd \quad \Rightarrow \quad x = 1.9 \times 10^{-3} \text{ M} = [OH^-]$$

درجة التأين = $\frac{\text{تركيزايون } OH^- \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيزالابتدائي للقاعدة}} = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 0.0095$

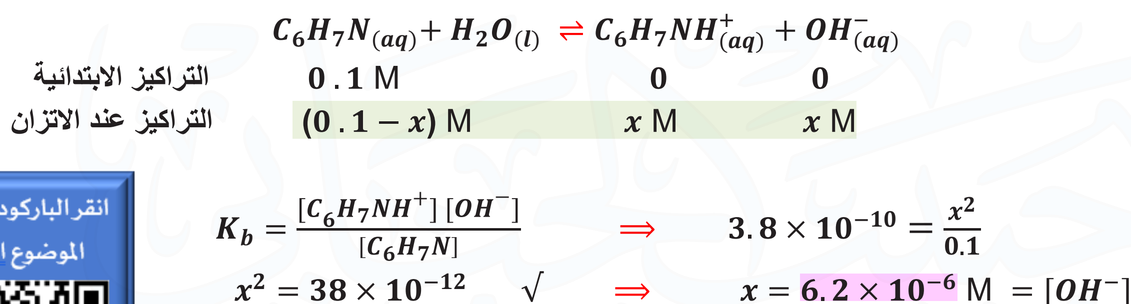
النسبة المئوية للتأين = درجة التاين × 100

النسبة المئوية للتأين = $0.0095 \times 100 = 0.95$ %

تمرين 3-4

احسب درجة التاين للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N $(K_b = 3.8 \times 10^{-10})$ الذي تركيزه يساوي 0.1 M .

الحل:



$$C_6H_7N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

	C_6H_7N	$C_6H_7NH^+$	OH^-
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.1 - x)$ M	x M	x M



$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]} \Rightarrow 3.8 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.1}$$

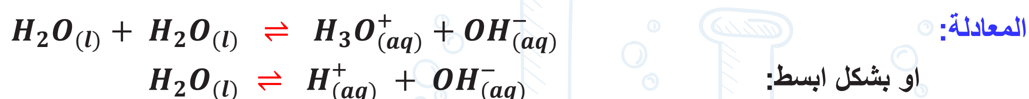
$$x^2 = 38 \times 10^{-12} \quad \surd \quad \Rightarrow \quad x = 6.2 \times 10^{-6} \text{ M} = [OH^-]$$

درجة التأين = $\frac{\text{تركيزايون } OH^- \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيزالابتدائي للقاعدة}} = \frac{6.2 \times 10^{-6}}{0.1} = 6.2 \times 10^{-5}$

التأين الذاتي للماء: (2019/ت- عرف)

التعريف: هو تفاعل كيميائي ينتقل فيه بروتون من جزئ ماء الى جزئ ماء اخر لتكوين ايونات الهيدرونيوم H_3O^+ وايونات الهيدروكسيد OH^- وبأعداد متساوية ويسمى ايضاً بالتفكك التلقائي للماء او البرتنة الذاتية للماء وهي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء .

المعادلة:



$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

او بشكل ابسط:

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

القانون: بما ان تفكك الماء تفاعل انعكاسي غير تام لذلك فله ثابت اتزان يسمى ثابت تفكك الماء او الحاصل الايوني للماء ويرمز له بـ K_w وهو يساوي كذلك حاصل ضرب الايونات الناتجة مقسوماً على المتفاعلات ولكن الماء H_2O لايدخل في القانون لانه سائل وكالاتي:

$$K_w = [H^+] \times [OH^-]$$

حساب K_w:

بما تركيز كل من ايون الهيدروجين وايون الهيدروكسيد في الماء النقي عند $25C^o$ هو:

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$K_w = (1 \times 10^{-7}) \times (1 \times 10^{-7}) = (1 \times 10^{-14})$$

اي ان:

لتنتج العلاقة الاتية:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

وهي علاقة مهمة لانه يمكن ايجاد تركيز احد الايونات اذا عُلم تركيز الايون الاخر .



1) يعد الماء النقي وسط متعادل (وكذلك اي محلول متعادل اخر) بسبب ان: $[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ والمحلول متعادل

2) عند اضافة حامض (قوي او ضعيف) للماء فأن ذلك يؤدي الى زيادة تركيز ايونات H^+ ويقلل من تركيز ايونات OH^- ، (وذلك حسب قاعدة لوشاتليه) :



$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

والمحلول حامضي

توضيح: اضافة حامض تعني اضافة H^+ فيرجع التفاعل الخلفي حيث يتفاعل بعض H^+ مع OH^- فيزداد H^+ ويقل OH^- لكي تبقى قيمة K_w ثابتة اي 1×10^{-14} .

3) عند اضافة قاعدة(قوية او ضعيفة) للماء فأن ذلك يؤدي الى زيادة تركيز ايونات OH^- ويقلل من تركيز ايونات H^+ ، (وذلك حسب قاعدة لوشاتليه) :



$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

والمحلول قاعدي

توضيح: اضافة قاعدة تعني اضافة OH^- فيرجع التفاعل الخلفي حيث يتفاعل بعض OH^- مع H^+ فيزداد OH^- ويقل H^+ لكي تبقى قيمة K_w ثابتة اي 1×10^{-14} .

ملخص :

عند $25C^o$	الحالة العامة	المحلول	مثال
$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}\ M$	$[H^+] = [OH^-]$	متعادل	الماء والاملاح المتعادلة
$[H^+] > 1 \times 10^{-7}\ M$ ، $[OH^-] < 1 \times 10^{-7}\ M$	$[H^+] > [OH^-]$	حامضي	الحوامض والاملاح الحامضية
$[H^+] < 1 \times 10^{-7}\ M$ ، $[OH^-] > 1 \times 10^{-7}\ M$	$[H^+] < [OH^-]$	قاعدي	القواعد والاملاح القاعدية

مثال 3-6

احسب تراكيز ايونات H^+ و OH^- في 0.05 M من محلول حامض النتريك (HNO_3) .

الحل:

حامض النتريك حامض قوي فنجد تركيز H^+ بصورة مباشرة بعد كتابة المعادلة ثم نجد OH^- من علاقة K_w :



$$HNO_{3(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

	$HNO_{3(aq)}$	$H^+_{(aq)}$	$NO^-_{3(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.05 M	0	0
التغير في التركيز	−0.05 M	+0.05 M	+0.05 M
التركيز النهائي	0	0.05 M	0.05 M



∴ تراكيز الايونات هي $[H^+] = 0.05$ M

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$0.05 \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 2 \times 10^{-13}\ M$$

تمرين 3-5

احسب تركيز ايونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على ايونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز:

(أ) 0.01 M (ب) 2×10^{-9} M

الحل:

أ)

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] \times 0.01 = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.01} = 1 \times 10^{-12}\ M$$

والمحلول قاعدي

ب)

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] \times 2 \times 10^{-9} = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-9}} = 5 \times 10^{-6}\ M$$

والمحلول حامضي



الاس الهيدروجيني PH:

تعريفه: هي طريقة ملائمة لقياس او للتعبير عن تركيز ايون الهيدروجين خصوصاً لتراكيز ايون الهيدروجين الصغيرة التي تكون قيمتها اصغر او تساوي 1 M بدلالة سالب لوغارتيم التركيز المولاري لايون الهيدروجين في المحلول ويرمز له PH .

اهميته: التعامل او التعبير عن حامضية وقاعدية المحاليل بأرقام صحيحة موجبة وبسيطة (0 – 14) بدل من التراكيز الصغيرة جداً والتي تحمل اساً سالباً .



القوانين:

1) ايجاد PH عندما يكون تركيز H^+ معلوم: $PH = -log[H^+]$

2) ايجاد POH عندما يكون تركيز OH^- معلوم: $POH = -log[OH^-]$

3) ايجاد PH من POH او العكس: $PH + POH = 14$

ملاحظة: كلما كانت قيمة PH صغيرة (اي تركيز H^+ كبير) كان المحلول اكثر حامضية واقل قاعدية والعكس صحيح اي كلما كانت قيمة PH كبيرة (اي تركيز H^+ صغير) كان المحلول اقل حامضية واكثر قاعدية ، وكالاتي :

المحلول	المحلول حامضي تزداد الحامضية $PH < 7 < POH$							متعادل PH= POH 7 =	المحلول قاعدي تزداد القاعدية $PH > 7 > POH$						
$[H^+]$	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
PH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
POH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$[OH^-]$	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1

مثال 3-7 احسب قيمة PH محلول يكون فيه تركيز ايونات H^+ يساوي $0.05\ mol/L$. (معلومة: $log5 = 0.7$)

الحل:

$PH = -log[H^+]$

$PH = -log0.05 = -log(5 \times 10^{-2})$ (تجزئة الرقم لان المعلومة $log5$)

$PH = -log5 - log10^{-2}$ (توزيع log)

$PH = -0.7 + 2log10$

$PH = -0.7 + 2(1) = 1.3$

والمحلول حامضي لان PH اقل من 7 ، وتركيز ايون H^+ اكبر من 1×10^{-7} .

ملاحظة: على الطالب مراجعة قواعد اللوغارتيم في مقدمة ملزمة الفصل الاول .

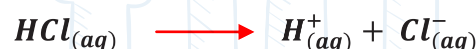
تمرين 3-6 احسب قيمة الدالة الحامضية (PH) للمحاليل الاتية: $(log6 = 0.78)$

أ) 6×10^{-4} M حامض الهيدروكلوريك

ب) 0.03 M حامض الكبريتيك .

الحل:

أ)



$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

	$HCl_{(aq)}$	$H^+_{(aq)}$	$Cl^-_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	6×10^{-4} M	0	0
التغير في التراكيز	-6×10^{-4}	$+6 \times 10^{-4}$	$+6 \times 10^{-4}$
التركيز النهائي	0	6×10^{-4}	6×10^{-4}

$PH = -log[H^+] = -log\ 6 \times 10^{-4}$

$PH = -log6 - log10^{-4}$

$PH = -0.78 + 4$

$PH = 3.22$

ب)



$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

$H_2SO_{4(aq)}$	$2H^+_{(aq)}$	$SO^{2-}_{4(aq)}$
0.03 M	0	0
-0.03	$+2(0.03)$	$+0.03$
0	0.06	0.03

$PH = -log[H^+] = -log0.06 = -log6 \times 10^{-2}$

$PH = -log6 - log10^{-2}$

$PH = -0.78 + 2$

$PH = 1.22$

معكوس او مقلوب اللوغاريتم:

اي ايجاد العدد اذا علم لوغارتيمهُ :

القانون:

$$PH = -log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -log[OH^-] \Rightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

انواع المسائل:

1) اذا كان ناتج log الرقم يساوي عدد صحيح ، فيحل بصورة مباشرة :

مثال: $PH = 3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH} = 10^{-3}$ M

2) اذ كان ناتج log عدد كسري ، فيضاف $\mp$ العدد التالي للعدد الصحيح في الكسر:

مثال: $PH = 2.7 \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH} = 10^{-2.7} = 10^{-2.7+3-3}$

$[H^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$ M

حيث يعطي في السؤال معلومة $(log2 = 0.3)$

مثال 3-8

اذا كانت قيمة PH محلول تساوي 3.301 ، فكم يكون تركيز H^+ فيه ؟ $(log5 = 0.7$ معلومة$)$

الحل:

$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-3.301} = 10^{-3.301+4-4}$

$[H^+] = 10^{0.699-4} = 10^{0.7} \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-4}$ M

$(0.699 \cong 0.7)$ ملاحظة

تمرين 3-7

اذا علمت ان PH محلول لحامض النتريك تساوي يساوي 3.32، ما هي مولارية المحلول ؟ $(log4.79 = 0.68)$

الحل:

$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-3.32} = 10^{-3.32+4-4}$

$[H^+] = 10^{0.68-4} = 10^{0.68} \times 10^{-4} = 4.79 \times 10^{-4}$ M (ويساوي تركيز الحامض لانه قوي)

تمرين 3-8

اكمل الجدول الاتي . هل وجدت علاقة واضحة بين قيم PH و POH لكل محلول ؟ ما هي ؟

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.15 M HI				
0.06 M $RbOH$				
0.02 M $Ba(OH)_2$				
0.0003 M $HClO_4$				

الحل:

المحاليل اعلاه هي حوامض قوية وقواعد قوية اي نجد تراكيز الايونات بصورة مباشرة:

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH	
0.15 M HI	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18	حامض الهيدرويوديك قوي
0.06 M $RbOH$	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22	هيدروكسيد الربيديوم ق ق
0.02 M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.60	1.4	هيدروكسيد الباريوم ق ق
0.0003 M $HClO_4$	0.0003	3.33×10^{-11}	3.53	10.47	حامض البيركلوريك قوي

اما العلاقة فهي: 1) عكسية بين PH و POH 2) عكسية بين PH و $[H^+]$ 3) عكسية بين POH و $[OH^-]$ 4) عكسية بين $[H^+]$ و $[OH^-]$



مثال 3-9 احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH لمحلول حامض الهيدروكلوريك بتركيز $0.015\ M$
$(log15 = 1.18)$

الحل: نكتب المعادلة لتفكك الحامض القوي:

	$HCl_{(aq)}$ →	$H^+_{(aq)}$ +	$Cl^-_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	$0.015\ M$	0	0
التغير في التركيز	$-0.015\ M$	$+0.015$	$+0.015$
التركيز النهائي	0	$0.015\ M$	$0.015\ M$

1) $[H^+]$ $\quad [H^+] = 0.015\ M$

2) PH
$$PH = -log[H^+] = -log0.015 = -log(15 \times 10^{-3})$$
$$PH = -log15 - log10^{-3} = -1.18 + 3 = 1.82$$

3) $[OH^-]$
$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow 0.015 \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.015} = 6.7 \times 10^{-13}\ M$$

4) POH
$$PH + POH = 14$$
$$1.82 + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 1.82 = 12.18$$

ملاحظة: ويمكن ايجاد POH من تركيز OH^- ولكن $(log6.7)$ غير معلوم في السؤال ، وطريقة ايجاده من PH هي الاسهل .

تمرين 3-9 احسب قيم $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيزه $0.015\ M$.
هل المحلول حامضي ام قاعدي ؟ ولماذا ؟ $(log3 = 0.48)$ $\quad$ ($0.05\ M$ د2- /2016)

الحل:

	$Ca(OH)_{2(aq)}$ →	$Ca^{2+}_{(aq)}$ +	$2OH^-_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	$0.015\ M$	0	0
التغير في التركيز	$-0.015\ M$	$+0.015\ M$	$+2(0.015)\ M$
التركيز النهائي	0	$0.015\ M$	$0.03\ M$

1) $[OH^-]$ $\quad [OH^-] = 0.03\ M$

2) $[H^+]$
$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [H^+] \times 0.03 = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.03} = 3.3 \times 10^{-13}\ M$$

3) POH
$$POH = -log[OH^-] = -log0.03 = -log(3 \times 10^{-2})$$
$$POH = -log3 - log10^{-2} = -0.48 + 2 = 1.52$$

4) PH
$$PH + POH = 14$$
$$PH + 1.52 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 1.52 = 12.48$$

ملاحظات:

1) تكون الكثير من المشروبات الغازية ذات فعل حامضي بسبب غاز CO_2 المذاب .
2) يمكن قياس PH للمشروبات الغازية وغيرها بجهاز مقياس $(PH - meter)$.
3) عند اضافة حامض قوي او قاعدة قوية للماء فأن PH للماء تتغير (حيث تزيد او تقل عن) وحسب العلاقة الاتية:
$\Delta PH = PH_2 - PH_1$ $\quad$ (لاحظ سؤال (2 – 3) من اسئلة الفصل)

قواعد مهمة:

	معكوس اللوغاريتم	اللوغاريتم log
قاعدة عامة:	$x = 10^{-y}$	$y = -\log x$
1) ايون الهيدروجين:	$[H^+] = 10^{-PH}$	$PH = -\log[H^+]$
2) ايون الهيدروكسيد:	$[OH^-] = 10^{-POH}$	$POH = -\log[OH^-]$
3) ثابت تفكك الماء:	$K_w = 10^{-PK_w}$	$PK_w = -\log K_w$
4) ثابت تفكك الحامض الضعيف:	$K_a = 10^{-PK_a}$	$PK_a = -\log K_a$
5) ثابت تفكك القاعدة الضعيفة:	$K_b = 10^{-PK_b}$	$PK_b = -\log K_b$
6) ثابت حاصل الاذابة:	$K_{SP} = 10^{-PK_{SP}}$	$PK_{SP} = -\log K_{SP}$

التمذوب: هو تفاعل المادة (المذاب) مع المذيب المستعمل لاذابتها .

التحلل المائي: هو تفاعل المادة (الملح) مع الماء عندما يكون الماء هو المذيب اي مع ايونات H^+ و OH^- .

توضيح: كما في الامثلة الاتية:

1) تفاعل الايون السالب (القاعدة القرينة القوية) للحامض الضعيف مع الماء لتكوين الحامض الضعيف غير المتأين وزيادة من ايون OH^- فيكون المحلول قاعدياً ، مثال ايون الخلات :



2) تفاعل الايون الموجب (الحامض القرين القوي) للقاعدة الضعيفة مع الماء لتكوين القاعدة الضعيفة غير المتأينة وزيادة من ايون H^+ فيكون المحلول حامضياً ، مثال ايون الامونيوم :



ملاحظة:

1) الحامض الضعيف يعطي قاعدة قرينة قوية (ايون سالب) ، والقاعدة الضعيفة تعطي حامض قرين قوي (ايون موجب) كما سبق ذكره

2) ايون الهيدرونيوم H_3O^+ هو نفسه ايون الهيدروجين H^+ .

الاملاح

تعريفها:

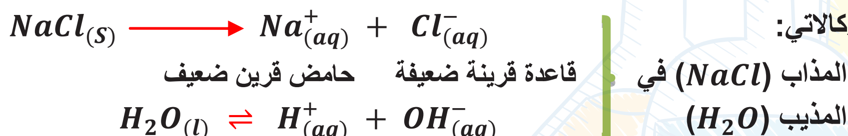
الملح هوالمادة الناتجة من تفاعل الحامض مع القاعدة لينتج ملح وماء اي تفاعل الايون السالب من الحامض مع الايون الموجب للقاعدة .

انواعها:

1) ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية .
2) ملح مشتق من قاعدة قوية و حامض ضعيف .
3) ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة وكالاتي:

1) ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية :

وهي الاملاح التي تتكون من الايون السالب للحامض القوي و الايون الموجب للقاعدة القوية ، كما في المحلول المائي لملح كلوريد الصوديوم $NaCl$ (ملح مشتق من الحامض HCl والقاعدة $NaOH$) ، وعند ذوبانه في الماء فأن محلوله المائي يكون متعادلاً بسبب ان الايونات الناتجة(Na^+ و Cl^-)هي قرائن ضعيفة لاتتفاعل مع الماء فيبقى تركيز H^+ يساوي تركيز OH^- ويساوي 1×10^{-7} M لكل منهما و PH للمحلول يساوي 7 وكالاتي:



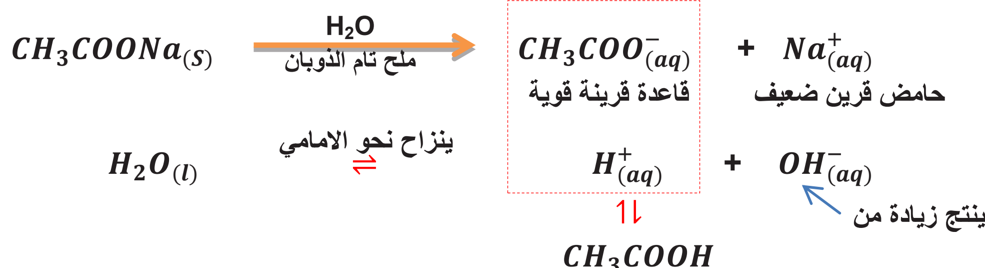
س/ تكون المحاليل المائية لاملاح الحوامض القوية والقواعد القوية متعادلة ، علل ذلك؟

ج/ اعلاه . (2د/2013) (2د/2014) (1 د/2017 – خ ق) (3د/ 2017- المطلوب PH لنترات الصوديوم)

ملاحظة: 1) لايحصل تمذوب للاملاح المتعادلة 2) من الاملاح المتعادلة الاخرى هي: KCl ، $NaNO_3$ ،K_2SO_4 وغيرها .



2) ملح مشتق من قاعدة قوية و حامض ضعيف : عند ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء فان المحلول الناتج يكون قاعدياً دائماً بسبب قابلية الايون السالب (القاعدة القرينة القوية) العائد للحامض الضعيف على التفاعل مع الماء(مع H^+) مكوناً الحامض الاصلي وزيادة من OH^- لذلك يكون المحلول قاعدياً اما الايون الموجب العائد للقاعدة القوية فلا يتفاعل لانه حامض قرين ضعيف كما في ملح خلات الصوديوم CH_3COONa :



$$CH_3COONa_{(S)} \xrightarrow[\text{ملح تام الذوبان}]{H_2O} CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

قاعدة قرينة قوية — حامض قرين ضعيف

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ينزاح نحو الامامي — ينتج زيادة من

CH_3COOH

توضيح: عند تفكك (تحلل) ملح خلات الصوديوم بالماء اثناء عملية ذوبانه فأن ايون الخلات (قاعدة قرينة قوية ناتج من حامض ضعيف) يتفاعل مع ايون H^+ فيحصل نقص في ايون H^+ ، وبما ان الماء في حالة اتزان لذلك فأن الماء سوف يتاين اي بالاتجاه الامامي لتعويض النقص في ايون H^+ (حسب قاعدة لوشاتليه) مما يسبب زيادة في تركيز ايون OH^- وبذلك يكون المحلول قاعدياً ، ويمكن اختصار المعادلات اعلاه بمعادلة واحدة لوصف عملية التحلل المائي لايون الخلات وكالاتي:



$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-_{(aq)}$$ ينتج زيادة من

بما ان تفاعل الايون السالب مع الماء انعكاسي ويصل الى الاتزان لذلك فله ثابت اتزان ويسمى ثابت التحلل المائي (K_h) حيث h من ($hydrolysis$) وتعني تحلل مائي :

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

ومن العلاقة تلك ومن K_w نحصل على:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{C}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + logc]$$

حيث:

$C/$ تركيز الملح

$PK_w = 14$

$K_w = 1 \times 10^{-14}$

K_a / ثابت تفكك الحامض الضعيف

مثال 3-10

ما قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم ؟ اذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ و $K_w = 1 \times 10^{-14}$ (على الطالب حفظ قيمة K_w لانها لاتعطى له في الاسئلة) .

الحل:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$

مثال 3-11

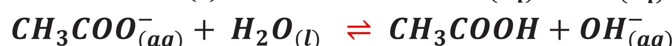
احسب قيمة PH محلول لملح خلات الصوديوم تركيزه 0.01 M في درجة حرارة $25C^o$ ، علماً بأن قيمة $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$. $(log1.8 = 0.26)$

الحل:

1) نكتب المعادلات للملح القاعدي:



$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$



$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-_{(aq)}$$

2) نجد PK_a :

$$PK_a = -logK_a = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

3) نجد PH من قانون النصف:

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + logc] = \frac{1}{2}[14 + 4.74 + log10^{-2}]$$
$$PH = \frac{1}{2}[18.74 - 2] = \frac{1}{2}(16.74) = 8.37$$

تمرين 10-3 احسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCN $K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$ تركيزه 0.1 M . هل المحلول حامضي ام قاعدي ؟

الحل:

1) تشخيص نوع الملح: سيانيد البوتاسيوم KCN ملح قاعدي لانه ناتج من قاعدة قوية (KOH) وحامض ضعيف (HCN) .

2) كتابة المعادلات:

(تفكك الملح)



$$KCN_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

(تفاعل الايون السالب)



$$CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCN + OH^-_{(aq)}$$

3) نجد $[H^+]$ من قانون الجذر:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{C}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{(1\times 10^{-14})\times(4.9\times 10^{-10})}{0.1}} = \sqrt{49 \times 10^{-24}} = 7 \times 10^{-12}\ \text{M}$$

4) نجد $[OH^-]$:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow 7 \times 10^{-12} \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{7 \times 10^{-12}} = 1.43 \times 10^{-3}\ \text{M}$$

والمحلول قاعدي لان $[OH^-] > [H^+]$.

ملاحظة: من الاملاح القاعدية الاخرى هي : CH_3COOK ، $NaNO_2$ ، $NaCN$ وغيرها .

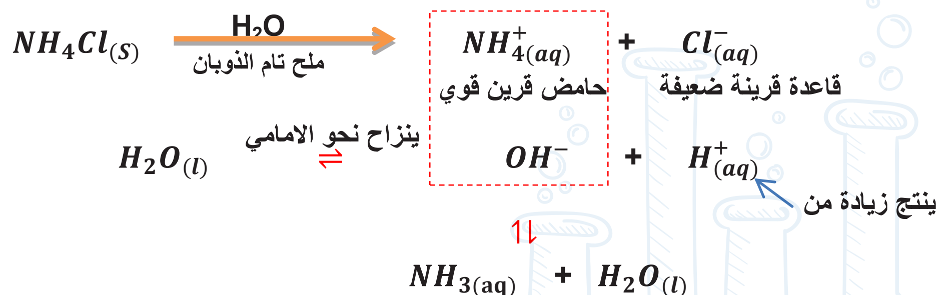
س/ عند اضافة املاح مشتقة من قواعد قوية وحوامض ضعيفة في الماء يكون المحلول ذا صفة قاعدية دائماً ، علل ذلك ؟ (د1/2013) (تمهيدي 2014)(د1/ 2015) (د1/2019)

ج/ وذلك لان ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء سوف ينتج قاعدة قرينة قوية (ناتجة من الحامض الضعيف) والتي تتفاعل مع الماء (تكتسب H^+ من الماء) فيقل تركيز H^+ ويزداد تركيز OH^- فيصبح المحلول قاعدياً .

---

3) ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة:

عند ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء فان المحلول الناتج يكون حامضياً دائماً بسبب قابلية الايون الموجب(الحامض القرين القوي) العائد للقاعدة الضعيفة على التفاعل مع الماء (مع OH^-) مكوناً القاعدة الاصلية وزيادة من H^+ لذلك يكون المحلول حامضياً اما الايون السالب العائد للحامض القوي فلا يتفاعل لانه قاعدة قرينة ضعيفة كما في ملح كلوريد الامونيوم NH_4Cl :



توضيح :

عند تفكك (تحلل) ملح كلوريد الامونيوم بالماء اثناء عملية ذوبانه فأن ايون الامونيوم الموجب(حامض قرين قوي ناتج من قاعدة ضعيفة) يتفاعل مع ايون OH^- فيحصل نقص في ايون OH^- ، وبما ان الماء في حالة اتزان لذلك فأن الماء سوف يتأثر اتزانه فيتفكك اي بالاتجاه الامامي لتعويض النقص في ايون OH^- (حسب قاعدة لوشاتليه) مما يسبب زيادة في تركيز ايون H^+ وبذلك يكون المحلول حامضياً ، ويمكن اختصار المعادلات اعلاه بمعادلة واحدة لوصف عملية التحلل المائي لايون الامونيوم وكالاتي:



$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

ينتج زيادة من



وبما ان تفاعل الايون الموجب مع الماء انعكاسي ويصل الى حالة الاتزان لذلك فله ثابت اتزان ويسمى ثابت التحلل المائي (K_h) حيث h من (hydrolysis) وتعني تحلل مائي :

$$K_h = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

ومن العلاقة تلك ومن K_w نحصل على:

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc]$$

مثال 3-12

كم هي قيمة PH محلول كلوريد الامونيوم تركيزه $0.2\ mol/L$ ، اذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$ ($log2 = 0.3$ ، $log1.8 = 0.26$)

الحل:

1) كتابة المعادلات:

تفكك الملح

$$NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

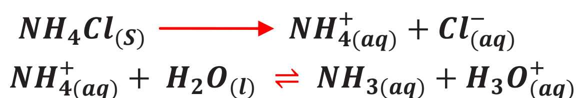
تفاعل الايون الموجب

$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) نجد PK_b:

$$PK_b = -logK_b = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

3) نجد PH من قانون النصف:



$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc] = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - log0.2]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - log2 \times 10^{-1}] = \frac{1}{2}[9.26 - log2 - log10^{-1}]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - 0.3 + 1] = \frac{1}{2}(9.96) = 4.98$$

تمرين 3-11

احسب قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم ($PK_b = 4.74$) بتركيز 0.5 M ، وهل المحلول حامضي ام قاعدي ؟ ($log5 = 0.7$) (2014 / تمهيدي)

الحل:

نترات الامونيوم ملح حامضي ناتج من حامض النتريك قوي والامونيا قاعدة ضعيفة

1) كتابة المعادلات:

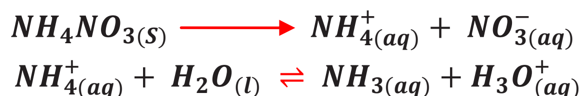
تفكك الملح

$$NH_4NO_{3(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

تفاعل الايون الموجب

$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) تطبيق قانون PH:



$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc] = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - log0.5]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - log5 \times 10^{-1}] = \frac{1}{2}[9.26 - log5 - log10^{-1}]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - 0.7 + 1] = \frac{1}{2}(9.56) = 4.78$$

(المحلول حامضي لان $PH < 7$)

3) نجد POH:

$$PH + POH = 14$$
$$4.78 + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 4.78 = 9.22$$

س/تكون المحاليل المائية لاملاح القواعد الضعيفة والحوامض القوية ذات صفات حامضية ،علل ذلك ؟(1د/2014)(د1/2014-خاص)

ج/ وذلك لان ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء سوف ينتج حامض قرين قوي (ناتج من القواعد الضعيفة) والذي يتفاعل مع الماء (تكتسب OH^- من الماء) فيقل تركيز OH^- ويزداد تركيز H^+ فيصبح المحلول حامضياً .

ملاحظات:

1) من الاملاح القاعدية الاخرى هي : كلوريد البيردينيوم C_5H_5NHCl وكلوريد الانيلينيوم $C_6H_5NH_3Cl$ وغيرها .
2) عند اضافة الملح المتعادل الى الماء فأن PH الماء لاتتغير اي $(PH = 7)$.
3) عند اضافة الملح القاعدي الى الماء فأن PH الماء تزداد اي $(PH > 7)$.
4) عند اضافة الملح الحامضي الى الماء فأن PH الماء تقل اي $(PH < 7)$.
5) عند اضافة محلول معلوم الحجم والتركيز الى حجم معلوم من الماء فأن تركيز المحلول بعد الاضافة يحسب من قانون التخفيف ، وكذلك عند مزج محلولين معلومي الحجم والتركيز فأن تركيزهما بعد المزج يحسب من قانون التخفيف ايضاً :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

لاحظ س 2 و س6 من اسئلة الفصل .

الايون المشترك

تعريفه: هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف الناتجة عن وجود الكتروليت قوي يحوي احد ايونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول ويسمى المحلول الناتج بالمحلول البفري . (3د/2013)(د2/2014- خاص)

توضيح: اي ان المحلول الاصلي هو الكتروليت ضعيف (حامض ضعيف او قاعدة ضعيفة) فعند اضافة الكتروليت قوي له (اي ملحه التام المشتق منه) ولكن بشرط وجود ايون مشترك بين الالكتروليت الضعيف والالكتروليت القوي (اي بين الاصلي والمضاف) فان ذلك يؤدي الى زيادة تركيز الايون المشترك في المحلول فيختل الاتزان للضعيف ويرجح التفاعل العكسي (تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف اي تقل درجة التفكك) حسب قاعدة لوشاتليه .



اهميته:

1) يقلل من الحامضية للحامض الضعيف لانه يقلل من تركيز H^+ فتزداد قيمة PH .
2) يقلل من القاعدية للقاعدة الضعيفة لانه يقلل من تركيز OH^- فتنخفض قيمة PH .

انواعه:

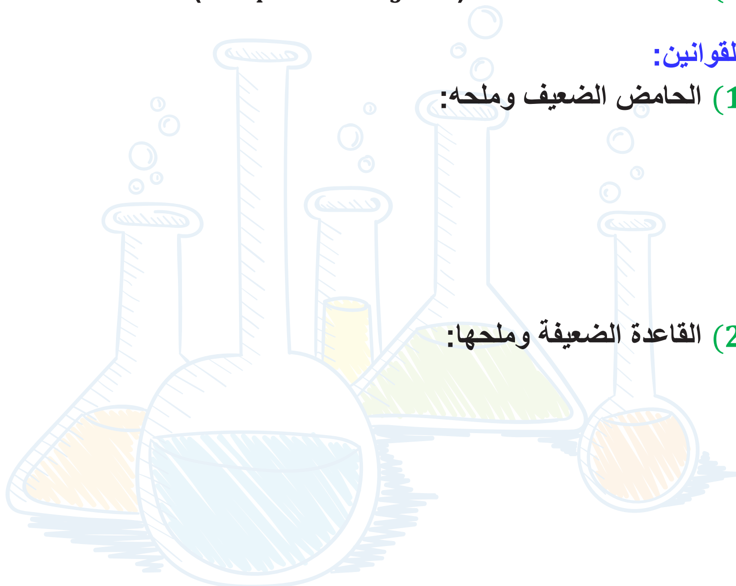
1) حامض ضعيف وملحه (مثال CH_3COOH و CH_3COONa)
2) قاعدة ضعيفة وملحها (مثال NH_3 و NH_4Cl)

القوانين:

1) الحامض الضعيف وملحه:

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]}$$



2) القاعدة الضعيفة وملحها:

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]}$$

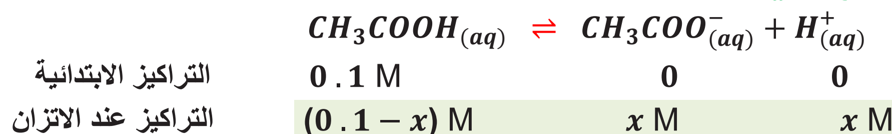


مثال 3-13

ما التأثير الذي تحدثه اضافة $8.2\ g$ $(0.1\ mol)$ من ملح خلات الصوديوم CH_3COONa الى لتر واحد من محلول حامض الخليك بتركيز $0.1\ mol/L$ على تركيز ايون H^+ عند $25C^o$؟ علماً بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$. $(\sqrt{1.8} = 1.3)$

الحل:

1) نجد تركيز ايون H^+ للحامض قبل اضافة الملح من K_a :



	$CH_3COOH_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $CH_3COO^-_{(aq)}$	$+ H^+_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.1 - x)$ M	x M	x M

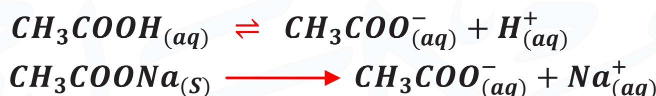
$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \quad \Rightarrow \quad 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \quad \sqrt{\ } \Rightarrow \quad x = 1.3 \times 10^{-3}\ \text{M} = [H^+]$$

2) نجد تركيز ايون H^+ للحامض بعد اضافة الملح :

(المحلول هو ايون مشترك اي حامض ضعيف وملحه)

- كتابة المعادلات :



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

- تطبيق القانون:

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.1}{0.1} = 1.8 \times 10^{-5}$$

المناقشة:

نلاحظ انخفاض تركيز H^+عند اضافة الملح للحامض أي تركيز ايون H^+ في محلول الايون المشترك اقل من تركيزه في محلول الحامض قبل الاضافة ، والسبب هو ان ايون الخلات (الايون المشترك) يتفاعل مع ايون H^+ فيرجع التفاعل نحو اليسار بالاتجاه الخلفي .

ملاحظات:

1) التركيز المولاري للملح يساوي عدد المولات لان الحجم لتر واحد .

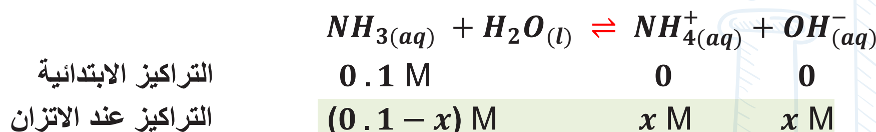
2) لاحاجة لكتلة الملح المعطاة في السؤال الا عندما لا يعطي عدد المولات فنجد المولارية من الكتلة والكتلة المولية والحجم .

تمرين 3-12

ما هو التأثير الناتج من اضافة $26.75\ g$ $(0.5\ mol)$ من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز $0.1\ M$ على درجة تفكك القاعدة ؟ اذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$ $(\sqrt{1.8} = 1.3)$ (1د/2013)

الحل:

1) نحسب درجة تفكك القاعدة الضعيفة(الامونيا) قبل اضافة الملح:



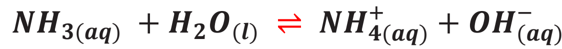
	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$	$\rightleftharpoons$ $NH^+_{4(aq)}$	$+ OH^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.1 - x)$ M	x M	x M

$$K_b = \frac{[NH_4^+]\,[OH^-]}{[NH_3]} \quad \Rightarrow \quad 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \quad \sqrt{\ } \Rightarrow \quad x = 1.3 \times 10^{-3}\ \text{M} = [OH^-]$$

$$\text{درجة التأين} = \frac{\text{تركيزايون } OH^- \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيزالابتدائي للقاعدة}} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.013$$

2) نحسب درجة التفكك للامونيا بعد اضافة الملح (ايون مشترك):



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$



$$NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.1}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6}$$

درجة التأين $= \frac{\text{تركيز ايون } OH^- \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$

عدد مرات الانخفاض في درجة التفكك $= \frac{\text{درجة التفكك 1}}{\text{درجة التفكك 2}} = \frac{0.013}{3.6 \times 10^{-5}} = 361$ (اي قلت بمقدار 361 بسبب الايون المشترك)

مثال 3-14

احسب تركيز ايون H^+ و PH لمحلول مكون من مزيج من 0.1 M حامض الخليك و 0.2 M خلات الصوديوم .
$K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ $(log3 = 0.48)$ (د2-خاص/2014)

الحل:

المحلول ايون مشترك مكون من حامض ضعيف وملحه :

1) كتابة المعادلات :



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$



$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

2) نجد $[H^+]$:

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.1}{0.2} = 9 \times 10^{-6}$$

3) نجد PH :

$$PH = -log[H^+] = -log9 \times 10^{-6} = -log9 - log10^{-6}$$

$$PH = -log3^2 - log10^{-6} = -2(0.48) + 6 = -0.96 + 6 = 5.04$$

ملاحظة: ويمكن ايجاد PH من العلاقة $PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]}$ عندما يعطي في السؤال $log2$ و $log1.8$.

مثال 3-15

ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي على امونيا $(PK_b = 4.74)$ بتركيز 0.1 M لتكون قيمة PH المحلول تساوي 9 ؟ $(log1.82 = 0.26)$

الحل:

المحلول هو قاعدة ضعيف وملحها (ايون مشترك) : $POH = PK_b + log$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5 = 4.74 + log\frac{[salt]}{0.1}$$

$$log\frac{[salt]}{0.1} = 0.26$$

ولكن من السؤال $log1.82 = 0.26$

$$\therefore log\frac{[salt]}{0.1} = log1.82$$

$$\frac{[salt]}{0.1} = 1.82 \Rightarrow [salt] = 0.182$$





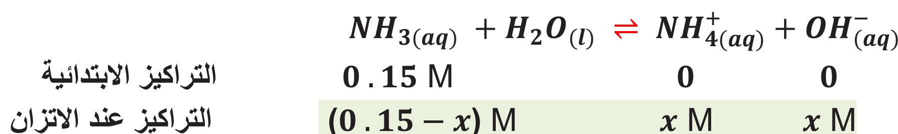
تمرين 3-13

احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز 0.15 M و NH_4Cl بتركيز 0.3 M ، وقارن النتيجة مع قيمة PH محلول الامونيا ذي تركيز 0.15 M . علماً ان $(PK_b = 4.74)$ ، $log1.8 = 0.26$ ، $\sqrt{2.7} = 1.6$, $log1.6 = 0.2$ ، $log2 = 0.3$ (2013 /تمهيدي) (2015/د3)

الحل:

1) نجد PH لمحلول الامونيا فقط اي قبل اضافة الملح : وهو (PH_1)

$$K_b = 10^{-K_b} = 10^{-4.74} = 10^{-4.74+5-5}$$
$$= 10^{0.26} \times 10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5}$$



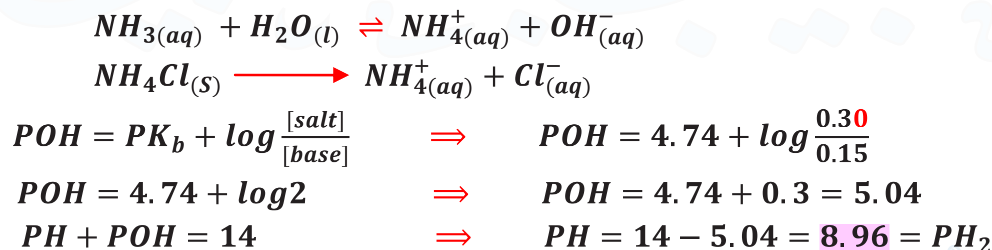
$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

	$NH_{3(aq)}$	$NH^+_{4(aq)}$	$OH^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.15 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.15 - x)$ M	x M	x M

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.15}$$
$$x^2 = 2.7 \times 10^{-6} \quad \sqrt{} \quad \Rightarrow \quad x = 1.6 \times 10^{-3}\ \text{M} = [OH^-]$$

$$POH = -log[OH^-] = -log1.6 \times 10^{-3}$$
$$= -log1.6 - log10^{-3} = -0.2 + 3 = 2.8$$
$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 2.8 = 11.2 = PH_1$$

2) نجد PH لمحلول الامونيا مع كلوريد الامونيوم (ايون مشترك) : وهو (PH_2)



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.74 + log\frac{0.30}{0.15}$$
$$POH = 4.74 + log2 \Rightarrow POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$
$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 5.04 = 8.96 = PH_2$$

المناقشة:

نلاحظ ان قيمة PH لمزيج الامونيا وملحها (الايون المشترك) اقل من PH لمحلول الامونيا اي نقصان بالقاعدية بسبب وجود الايون المشترك كما في المعادلات اعلاه الذي يرجح التفاعل العكسي فيقل تركيز ايون OH^- ويزداد تركيز H^+ وتقل قيمة PH .

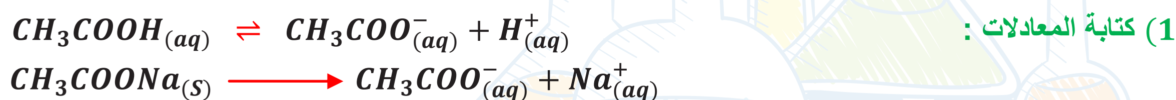
تمرين 3-14

ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3 M اذا علمت ان قيمة PH المحلول كانت تساوي 4.31 . $(log0.37 = -0.43)$ $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ (2014/د1)

الحل:

المحلول ايون مشترك مكون من حامض ضعيف وملحه :

1) كتابة المعادلات :



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

2) نجد PK_a:

$$PK_a = -logK_a = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

3) نجد تركيز الحامض :

انتبه!
عند تفاعل حامض مع قاعدة يسمى هذا التفاعل بتفاعل التعادل نتيجة اتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- وتكوين ملح من الايونات الموجبة للقاعدة والايونات السالبة للحامض ، يجب الانتباه عند اضافة تركيز من الحوامض والقواعد المتفاعلة يجب ان نجد المتبقي من هذا التفاعل لمعرفة PH للنواتج المتبقية في المحلول وسيرد ذكر ذلك الموضوع في الفصل السادس فى الكيمياء التحليلية .

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.31 = 4.74 + log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$log\frac{0.3}{[acid]} = -0.43$$

ولكن من السؤال $log0.37 = -0.43$

$$log\frac{0.3}{[acid]} = log0.37$$

$$\frac{0.3}{[acid]} = 0.37$$

$$[acid] = \frac{0.30}{0.37} = \quad 0.81\ M$$

ملاحظة: تزداد درجة تفكك الكتروليت ضعيف عند اضافة الماء اليه (بالتخفيف) وتقل عند اضافة الكتروليت قوي (ايون مشترك) .
(2016 / تمهيدي- علل)

س/ تزداد درجة تفكك حامض النتروز HNO_2 عند اضافة الماء اليه وتقل عند اضافة نتريت الصوديوم $NaNO_2$؟ (2015 - تمهيدي)

ج/ عند اضافة الماء تقل جزيئات المذاب من الايونات في المحلول ولتعويض النقص يتفكك الحامض اي بالاتجاه الامامي حسب قاعدة لوشاتليه ، امـــا عند اضافـــة ملحه فيتكون ايون مشترك اي زيادة في ايون النتريت NO_2^- لذلك فان التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من ايون النتريت اي بالاتجاه الخلفي فيتكون الحامض فتقل درجة التفكك للحامض حسب قاعدة لوشاتليه ايضاً .

س/ يقل تفكك HF عند اضافة كمية من محلول NaF اليه ؟ (نفس الجواب اعلاه) (2018/د2- خ ق) (2018 /د 3)

المحاليل المنظمة(محاليل بفر)

محلول البفر: محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه (القاعدة القرينة للحامض الضعيف) او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها (الحامض القرين للقاعدة الضعيفة) ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة التغير في الاس الهيدروجيني PH عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية اليه . (2013 /تمهيدي) (2013/د1) (2013/د1 – خارج العراق)

توضيح: عند اضافة حامض قوي(مثال HCl) او قاعدة قوية (مثال $NaOH$) الى المحلول رقم : 1 و 2 و 3 و 4 فأن PH تتغير كثيراً ، امـــا عند الاضافة الى المحلول رقم 5 و 6 فأن PH لا تتغير (او تتغير بشكل طفيف جداً) وكالاتي:

1) محلول حامض قوي: عند اضافة قاعدة قوية له فان PH للحامض ترتفع وتتغير كثيراً .

2) محلول قاعدة قوية : عند اضافة حامض قوي لها فأن PH للقاعدة تنخفض وتتغير كثيراً .

3) محلول ملح متعادل ($NaCl$ مثلاً) : عند اضافة حامض قوي او قاعدة قوية فأن PH تتغير .

4) الماء النقي : كذلك يتغير كثيراً عند اضافة حامض قوي او قاعدة قوية .

5) محلول حامض ضعيف وملحه: عند اضافة حامض قوي او قاعدة قوية فأن PH لا تتغير .

6) محلول قاعدة ضعيفة وملحها: عند اضافة حامض قوي او قاعدة قوية فأن PH لا تتغير .

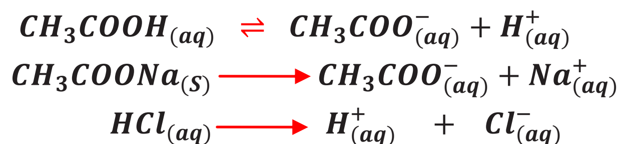


انواع المحاليل المنظمة:

1) محلول حامض ضعيف وملحه:

مثال حامض الخليك وخلات الصوديوم

أ- اضافة حامض قوي مثال (HCl) :



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$
$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

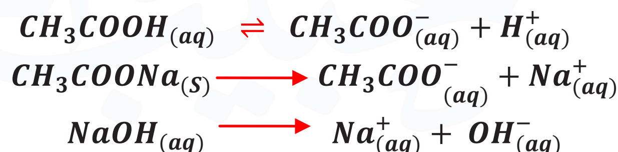
س/ عند اضافة كمية صغيرة من حامض HCl الى محلول حامض الخليك وخلات الصوديوم فأن PH للمحلول تبقى ثابتة تقريباً ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان ايونات H^+ الناتجة من الحامض القوي لاتبقى طليقة في المحلول انما تتفاعل مع ايون الخلات CH_3COO^- وتتجه بالاتجاه الخلفي لتكوين حامض الخليك وبذلك لاتنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة تقريباً .

القانون:

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

ب- اضافة قاعدة قوية مثال $(NaOH)$:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$
$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

س/ عند اضافة كمية صغيرة من $NaOH$ الى محلول حامض الخليك وخلات الصوديوم فأن PH للمحلول تبقى ثابتة تقريباً ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان ايونات OH^- الناتجة من القاعدة القوية لاتبقى طليقة في المحلول انما تتفاعل مع ايونات H^+ الناتجة من تفكك حامض وبذلك فأن PH لاترتفع بل تبقى ثابتة تقريباً.

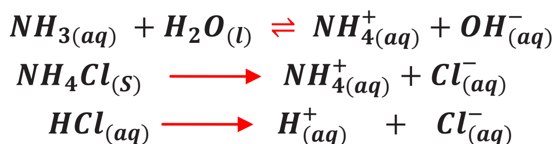
القانون:

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

2) محلول قاعدة ضعيفة وملحها:

مثال الامونيا وملح كلوريد الامونيوم

أ- اضافة حامض قوي مثال (HCl) :



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

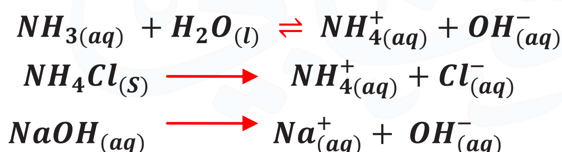
س/ عند اضافة كمية صغيرة من حامض HCl الى محلول الامونيا وملح كلوريد الامونيوم فأن PH للمحلول تبقى ثابتة تقريباً ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان ايونات H^+ الناتجة من الحامض القوي لاتبقى طليقة في المحلول انما تتفاعل مع ايون OH^- فيتكون الماء فينزاح التفاعل بالاتجاه الامامي لتعويض النقص في ايون OH^- لذلك لاتتغير قيمة PH .

القانون:

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

ب- اضافة قاعدة قوية مثال $(NaOH)$:



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

س/ عند اضافة كمية صغيرة من $NaOH$ الى محلول الامونيا وملح وملح كلوريد الامونيوم فأن PH للمحلول تبقى ثابتة تقريباً ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان ايونات OH^- الناتجة من القاعدة القوية لاتبقى طليقة في المحلول انما تتفاعل مع ايون الامونيوم لتكوين الماء H_2O وتتجه بالاتجاه الخلفي لتكوين القاعدة NH_3 لذلك PH لاتتغير .

القانون:

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

ملاحظة: نلاحظ ان محلول البفر يتكون من مكونين اثنين احدهما يتفاعل مع كمية الحامض المضافة (H^+) والمكون الاخر يتفاعل مع كمية القاعدة المضافة (OH^-) .

السلوك البفري:

تعريف: وهو قابلية المحلول على مقاومة التغير في تركيز ايون الهيدروجين عند اضافة كمية قليلة من حامض قوي او قاعدة قوية .

اهميته:

1) يستفاد من السلوك البفري في المختبرات العلمية وفي الكثير من العمليات الصناعية لجعل قيمة PH ثابتة .

2) يستفاد من السلوك البفري في معظم العمليات الحيوية حيث تكون السوائل داخل جسم الانسان حساسة لقيمة PH كنقل الاوكسجين بواسطة الهيموغلوبين وكذلك فعالية الانزيمات في الخلايا (اي الدم عبارة عن محلول بفري) .

مثال 16-3

احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) بعد اضافة $1ml$ من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1 M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1 M $(PK_a = 4.74)$ $(log\frac{9}{11} = -0.087)$
(ملاحظة: اهمل التغير الذي يحصل في حجم المحلول بعد اضافة الحامض القوي او القاعدة القوية عند حل المثال) .

الحل:

المحلول مزيج بفري (ايون مشترك) مكون من حامض الخليك وملح خلات الصوديوم :

1) نجد تركيز حامض HCl من قانون التخفيف:

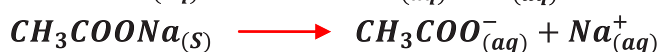
HCl قبل الاضافة) $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ (HCl بعد الاضافة)

$$10\ M \times 1ml \times \frac{1L}{1000ml} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mol/L$$

2) نكتب معادلات التفكك الثلاث:







	$HCl_{(aq)}$	$H^+_{(aq)}$	$Cl^-_{(aq)}$
تراكيز ابتدائية	0.01	0	0
تراكيز نهائية	0	0.01	0.01

3) نطبق علاقة البفر عند اضافة حامض قوي الى محلول مزيج الحامض الضعيف وملحه:

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + log\frac{0.10-0.01}{0.10+0.01}$$

$$PH = 4.74 + log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + log\frac{9}{11}$$

$$PH = 4.74 + (-0.087) = 4.653$$

تمرين 15-3

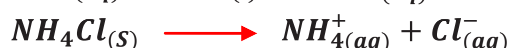
احسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) (أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1 M ، وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1 M (ب) لنفس محلول بفر لكن بعد اضافة $1ml$ من محلول حامض الكبريتيك تركيزه 10 M ، ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH وناقش النتيجة . علماً ان $PK_b = 4.74$ ، $log2 = 0.3$ ، $log3 = 0.5$
(ملاحظة: اهمل التغير الذي يحصل في حجم المحلول بعد اضافة الحامض القوي او القاعدة القوية عند حل المثال) (د1/2018)
(2016/د1-اضافة $NaOH$ $2ml$ و 5 M) (2019 د/ 1 – اضافة 0.05M $(Ba(OH)_2$)

الحل:

المحلول مزيج بفري(ايون مشترك) مكون من الامونيا وملح كلوريد الامونيوم:

أ) نجد PH لمحلول الامونيا وملحها (ايون مشترك) فقط قبل اضافة الحامض القوي وهو PH_1 :





$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74 + log1 = 4.74$$

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 4.74 = 9.26 = PH_1$$



ب) نجد PH للمحلول بعد اضافة الحامض القوي وهو PH_2:

1) نجد تركيز حامض H_2SO_4 بعد الاضافة من قانون التخفيف:

(قبل الاضافة H_2SO_4) $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ (بعد الاضافة H_2SO_4)

$$10\ M \times 1ml \times \frac{1L}{1000ml} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mol/L$$

	$H_2SO_{4(aq)}$	$\longrightarrow$	$2H^+_{(aq)}$	+	$SO^{2-}_{4(aq)}$
تراكيز ابتدائية	0.01		0		0
تراكيز نهائية	0		2(0.01) = 0.02		0.01

2) نطبق علاقة البفر عند اضافة حامض قوي الى محلول مزيج القاعدة الضعيفة وملحها :

$$POH = PK_b + log\frac{[salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$POH = 4.74 + log\frac{0.10 + 0.02}{0.10 - 0.02}$$

$$POH = 4.74 + log\frac{0.12}{0.08}$$

$$POH = 4.74 + log\frac{3}{2}$$

$$POH = 4.74 + log3 - log2$$

$$POH = 4.74 + 0.5 - 0.3 = 4.94$$

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 4.94 = 9.06 = PH_2$$

امـــــا ΔPH :

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 = 9.06 - 9.26 = -0.2$$

ملاحظات: حول الالكتروليت القوي المضاف الى محلول البفر حيث له اربع حالات:

1) يعطي التركيز المولاري والحجم قبل الاضافة: نجد المولارية له بعد الاضافة من قانون التخفيف (مثال 3-16 و تمرين 3-15) .

2) يعطي له الكتلة والكتلة المولية: نجد المولارية له بعد الاضافة من $M = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} \times \frac{1}{V(L)}$ (سؤال 3-13 اسئلة الفصل) .

3) يعطي له عدد المولات : نجد المولارية له من $M = \frac{n(mol)}{v(L)}$ (سؤال تمهيدي 2015) .

4) يعطي التركيز المولاري للقوي بعد الاضافة : فهنا تستخدم بشكل مباشر (وزاري 2015/د1) .
كما يمكن ملاحظة الاسئلة الوزارية في نهاية الفصل .

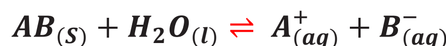


الذوبانية وثابت الاذابة:

س/ تختلف المواد الايونية (كالاملاح مثلاً) في قابلية ذوبانها في الماء ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لان قابلية الذوبان لهذه المواد تعتمد على الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الاواصر الرابطة بين الايونات ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة لانتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها .

الملح الشحيح الذوبان: وهو احد اصناف الالكتروليتات الضعيفة الثلاثة (حوامض ضعيفة ، قواعد ضعيفة ، املاح شحيحة الذوبان) والذي يتأين بصورة غير تامة من خلال عملية الاذابة غير التامة وهو تفاعل انعكاسي وله معادلة تفكك وثابت تفكك (ثابت تفكك الاذابة)



$$AB_{(S)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$$

$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

حيث لا يدخل كل من الملح والماء في قانون K_{SP} لان الصلب والسائل لا يدخل في القانون .

ثابت حاصل الاذابة K_{SP} :
وهو الكمية الناتجة من حاصل ضرب التراكيز المولارية (عند الاتزان) للايونات الناتجة من تفكك المادة شحيحة الذوبان كلا منها مرفوع الى اس مساوياً لعدد المولات للمادة في المعادلة ، وهو قيمة ثابتة بثبوت درجة الحرارة ويتناسب طردياً مع الذوبانية .

توضيح بسيط: اي قيمة الثابت الكبيرة تدل على ان الملح له قابلية ذوبان اكثر والعكس صحيح .

انواع الذوبانية:

1) **الذوبانية المولارية $S(mol/l)$:**
وهي عدد مولات المادة التي يمكن ان تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع عند الاتزان وهي تمثل التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح الشحيح الذوبان .

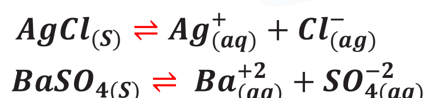
2) **الذوبانية الغرامية (g/l):** وهي عدد غرامات الملح الشحيح الذوبان والتي يمكن تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع .

العلاقة بين نوعي الذوبانية هي :

$$\text{الذوبانية المولارية}\, S(mol/L) = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\,(g/L)}{M(g/mol)}$$

انواع الاملاح والعلاقة بين K_{SP} والذوبانية المولارية S :

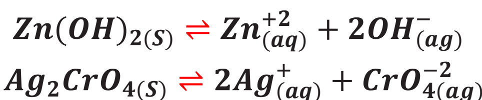
1) املاح (احادية – احادية) التكافؤ مثال: $AgCl$
او املاح (ثنائية – ثنائية) التكافؤ مثال: $BaSO_4$



$$AgCl_{(S)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(ag)}$$
$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$K_{SP} = S^2$$

2) املاح (احادية – ثنائية) التكافؤ مثال: $Zn(OH)_2$
او املاح (ثنائية – احادية) التكافؤ مثال: $Ag_2CrO_{4(S)}$



$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$Ag_2CrO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO^{-2}_{4(ag)}$$

$$K_{SP} = 4S^3$$

3) املاح (ثنائية - ثلاثية) التكافؤ مثال: $Ca_3(PO_4)_2$



$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{+2}_{(aq)} + PO^{-3}_{4(aq)}$$

$$K_{SP} = 108\ S^5$$

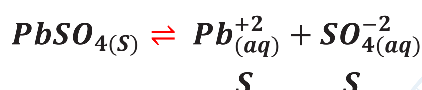
مثال 3-17

ما هي الذوبانية المولارية لملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ ؟ اذا علمت ان ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{SP} = 1.6 \times 10^{-8}$ $(\sqrt{1.6} = 1.26)$. (د3-/ 2017 بعد اضافة $2ml$ من 5 M من H_2SO_4)

(د1-/2016 وكذلك جد الذوبانية بعد اضافة $2ml$ من 10 M من محلول Na_2SO_4)

(د 1 - خارج القطر/2017 ، الذوبانية في المحلول المشبع 1.2×10^{-4} ، احسبها بعد اضافة $1ml$ من 10 M من H_2SO_4)

الحل:



$$PbSO_{4(S)} \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$
$$\qquad\qquad S \qquad\quad S$$

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}] \Rightarrow K_{SP} = S^2$$

$$1.6 \times 10^{-8} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{1.6 \times 10^{-8}} = 1.26 \times 10^{-4} mol/L$$



مثال 3-18

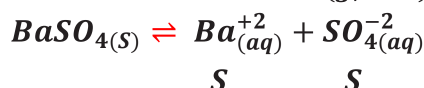
احسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم اذا علمت ان لتراً واحداً من محلوله المائي المشبع يحوي $(0.0025g)$ من ملح $BaSO_4$ الذائب $(M = 233g/mol)$. (د2/2015)

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية S من الذوبانية الغرامية:

$$S(mol/L) \text{ الذوبانية المولارية } = \frac{(g/L) \text{ الذوبانية الغرامية}}{M(g/mol)} = \frac{0.0025\ g/L}{233\ g/mol} = 1.1 \times 10^{-5}\ mol/L$$

2) نجد K_{SP} من الذوبانية المولارية S :



$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = S^2 = (1.1 \times 10^{-5})^2 = 1.2 \times 10^{-10}$$

تمرين 3-16

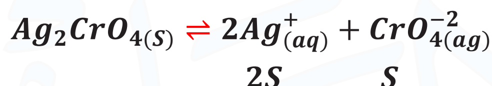
اذا علمت ان لتراً واحداً من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332g/mol)$ يحوي $(0.0215g)$ من الملح ، احسب K_{SP} .

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية S من الذوبانية الغرامية:

$$S(mol/L) \text{ الذوبانية المولارية } = \frac{(g/L) \text{ الذوبانية الغرامية}}{M(g/mol)} = \frac{0.0215\ g/L}{332\ g/mol} = 6.47 \times 10^{-5}\ mol/L$$

2) نجد K_{SP} من الذوبانية المولارية S :



$$Ag_2CrO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + CrO^{-2}_{4(ag)}$$

$$2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^{+}]^2[CrO_4^{-2}] = (2S)^2(S) = 4S^3 == 4(6.47 \times 10^{-5})^3 = 1.09 \times 10^{-12}$$

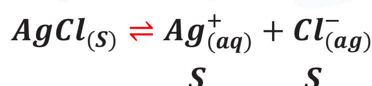
تمرين 3-17

احسب الذوبانية المولارية (mol/L) والذوبانية الغرامية (g/L) لملح كلوريد الفضة $AgCl$ $(M = 143.5g/mol)$ في محلوله عند حالة الاتزان ، اذا علمت ان $K_{SP}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$

$\sqrt{1.8} = 1.34$ (تمهيدي/2015)

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية (S) من K_{SP}:



$$AgCl_{(S)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(ag)}$$

$$S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^{+}]\,[Cl^{-}] \quad \Rightarrow \quad K_{SP} = S^2$$

$$1.8 \times 10^{-10} = S^2 \quad \Rightarrow \quad S = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.34 \times 10^{-5} mol/L$$

2) نجد الذوبانية الغرامية S من الذوبانية المولارية:

$$S(mol/L) \text{ الذوبانية المولارية } = \frac{(g/L) \text{ الذوبانية الغرامية}}{M(g/mol)} \Rightarrow 1.34 \times 10^{-5} mol/L = \frac{(g/L) \text{ الذوبانية الغرامية}}{143.5\ (g/mol)}$$

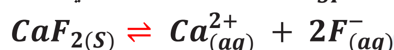
$$(g/L) \text{ الذوبانية الغرامية } = 1.34 \times 10^{-5} mol/L \times 143.5\ (g/mol) = 1.93 \times 10^{-3} g/L$$

مثال 3-19

اذا علمت ان تركيز ايون الفلورايد F^{-} في محلول يساوي 2×10^{-2} M ، احسب ادنى تركيز من ايون الكالسيوم يكون لازماً وجوده في المحلول لبدء ترسب ملح فلوريد الكالسيوم CaF_2 $(K_{SP} = 4.9 \times 10^{-11})$. (د2/2014)

الحل:

بما ان قيمة K_{SP} ثابتة بثبوت درجة الحرارة لذلك فأن حاصل ضرب الايونات يجب ان يساوي قيمة K_{SP} وأن تركيز احد الايونات يمكن ايجاده اذا كان تركيز الايون الاخر معلوم وقيمة K_{SP} معلومة ايضاً وكالاتي:



$$CaF_{2(S)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$$

$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^{-}]^2 \quad \Rightarrow \quad 4.9 \times 10^{-11} = [Ca^{+2}][2 \times 10^{-2}]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{49 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} = 1.23 \times 10^{-7}\ \text{M}$$

تمرين 3-19

ما هي اقل دالة حامضية (PH) لمحلول يحوي ايون الحديد (III) بتركيز يساوي 2×10^{-10} M ، والتي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدا بالظهور في المحلول ، علماً ان K_{SP} لهيدروكسيد الحديد (III) تساوي 5×10^{-38}
$(log1.6 = 0.2)$ $(\sqrt[3]{250} = 6.3)$ (2د/2014)

الحل:

1) نجد تركيز ايون OH^- :

$$Fe(OH)_{3(S)} \rightleftharpoons Fe^{+3}_{(aq)} + 3OH^-_{(ag)}$$

$$K_{SP} = [Fe^{+3}][OH^-]^3 \Rightarrow 5 \times 10^{-38} = (2 \times 10^{-10})[OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = 250 \times 10^{-30} \Rightarrow [OH^-] = 6.3 \times 10^{-10} \text{ M}$$

(وذلك بأخذ $\sqrt[3]{\ }$)

2) نجد تركيز ايون H^+ :

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] \times 6.3 \times 10^{-10} = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{6.3 \times 10^{-10}} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ M}$$

3) نجد PH:

$$PH = -log[H^+] = -log1.6 \times 10^{-5} = -log1.6 - log10^{-5}$$

$$PH = -0.2 + 5 = 4.8$$

تمرين 3-20

محلول حجمه لتر يحتوي $0.001\ mol$ من كل من ايونات Al^{3+} ، Fe^{3+} اضيفت اليه كمية من محلول $NaOH$ ، بين رياضياً ايهما يترسب اولاً $Al(OH)_3$ او $Fe(OH)_3$ ولماذا ؟ علماً بان
$K_{SP}(Fe(OH)_3) = 5 \times 10^{-38}$ و $K_{SP}(Al(OH)_3) = 3.5 \times 10^{-34}$

الحل:

كلا الملحين شحيح الذوبان وان اضافة $NaOH$ تؤدي الى ترسيب الملح الذي يحتاج كمية اقل من ايون الهيدروكسيد ، لذا فنجد تركيز OH^- لكلا الملحين وكالاتي:

$$Al(OH)_{3(S)} \rightleftharpoons Al^{+3}_{(aq)} + 3OH^-_{(ag)}$$

$$K_{SP} = [Al^{3+}][OH^-]^3$$

$$3.5 \times 10^{-34} = (0.001)[OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = 350 \times 10^{-33}$$

$$[OH^-] = 7 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$Fe(OH)_{3(S)} \rightleftharpoons Fe^{+3}_{(aq)} + 3OH^-_{(ag)}$$

$$K_{SP} = [Fe^{3+}][OH^-]^3$$

$$5 \times 10^{-38} = (0.001)[OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = 50 \times 10^{-36}$$

$$[OH^-] = 3.7 \times 10^{-12} \text{ M}$$



$Fe(OH)_3$ يترسب اولاً .

حاصل الاذابة Q_{SP} :

اذا اعطى في السؤال تراكيز مولارية للملح الشحيح الذوبان ، والمطلوب هل يحصل ترسيب (خلفي) ام ذوبان (امامي) فنجد في هذه الحالة حاصل الاذابة Q_{SP} (وهو يساوي حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات مرفوعة الى اس يمثل عدد المولات في المعادلة) ثم يقارن مع قيمة K_{SP} وكالاتي:



1) اذا كان $K_{SP} > Q_{SP}$ ، يحصل ذوبان وليس ترسيب اي بالاتجاه الامامي والمحلول غير مشبع
2) اذا كان $K_{SP} < Q_{SP}$ ، يحصل ترسيب وليس ذوبان اي بالاتجاه الخلفي والمحلول فوق المشبع
3) اذا كان $K_{SP} = Q_{SP}$ ، المحلول مشبع وهو اتزان بين الذوبان والترسيب

تمرين 3-21

محلول من نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه 0.01 M وحجمه $20ml$ اضيف الى $80ml$ من محلول 0.05 M كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) بين هل تترسب كرومات الفضة Ag_2CrO_4 ؟ علماً ان $K_{SP}(Ag_2CrO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$

الحل:

(1د/2018) (3د/2018- بتغير المحلول والتركيز) (2د/2018- خ ق)

1) نجد التراكيز المولارية لكلا المحلولين بعد المزج (M_2) من قانون التخفيف بعد ايجاد الحجم الكلي V_T :

$$V_T = 20ml + 80ml = 100ml$$

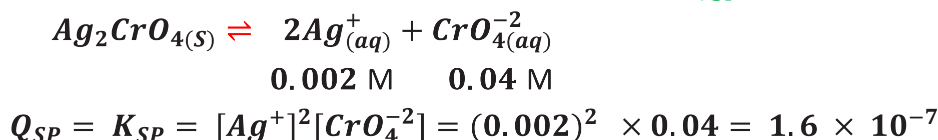
- مولارية $AgNO_3$:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.01 \times 20ml = M_2 \times 100ml$$
$$M_2 = 0.002mol/L = [Ag^+]$$ (لانه قوي)

- مولارية (K_2CrO_4) :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.05 \times 80ml = M_2 \times 100ml$$
$$M_2 = 0.04mol/L = [CrO_4^{2-}]$$ (لانه قوي)

2) نكتب المعادلة ثم نجد حاصل الذوبان Q_{SP} :



$$Ag_2CrO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO^{-2}_{4(aq)}$$

0.002 M   0.04 M

$$Q_{SP} = K_{SP} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}] = (0.002)^2 \times 0.04 = 1.6 \times 10^{-7}$$

3) نقارن Q_{SP} مع K_{SP} :

بما ان $K_{SP} < Q_{SP}$

$1.1 \times 10^{-10} < 1.6 \times 10^{-7}$ اذن يحصل ترسيب (خلفي)

العوامل المؤثرة على الذوبانية:

1) تأثير درجة الحرارة: (1د/2016) (1د/2014)

سبق وان تمت الاشارة الى ان عملية ذوبان اي مادة تصاحبها امتصاص طاقة وذلك للتغلب على قوى الترابط بين مكونات المادة المذابة ، وبصورة عامة تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة ولكن يختلف مقدار هذه الزيادة من مادة الى اخرى .

2) تأثير الايون المشترك:

ان وجود الايون المشترك في محلول الملح الشحيح الذوبان يرجح التفاعل العكسي (نحو الترسيب) اي يقلل الذوبانية (حسب قاعدة لوشاتليه) ويستفاد منها في التحكم بعملية ذوبان الرواسب للاملاح الشحيحة . (2د/2015- الاهمية) (2018 /د 1- خ ق- ما اهمية)

مثال 3-20

ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $(K_{SP} = 1.57 \times 10^{-9})$

(أ) في الماء النقي (ب) في محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 بتركيز $0.02 mol/L$ ثم قارن النتائج . $(\sqrt[3]{0.4} = 0.73)$

(1د/2015) ولكن الذوبانية بالماء النقي معلومة والمطلوب الذوبانية في محلول الايون المشترك)

الحل:

(أ) الذوبانية في الماء النقي (المحلول المشبع):



$$Ba(IO_3)_{2(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + 2IO^-_{3(aq)}$$

$$S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 = (S)(2S)^2 = 4S^3$$

$$1.57 \times 10^{-9} = 4S^3 \implies S^3 = 0.4 \times 10^{-9}$$

$$S = \sqrt[3]{0.4 \times 10^{-9}} = 7.3 \times 10^{-4}\ mol/L$$

(ب) الذوبانية بوجود الايون المشترك:



$$Ba(IO_3)_{2(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + 2IO^-_{3(aq)}$$

$$y \qquad 2y$$



$$KIO_3 \rightarrow K^+_{(aq)} + IO^-_{3(aq)}$$

KIO_3	$K^+_{(aq)}$	$IO^-_{3(aq)}$
0.02	0	0
0	0.02	0.02

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2$$

$$1.57 \times 10^{-9} = (y)(2y + 0.02)^2$$

تهمل لانها صغيرة جداً

$$1.57 \times 10^{-9} = (y)(0.02)^2$$

$$y = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6}\ mol/L$$

حيث ايون اليودات يعمل ايون مشترك فيرجح التفاعل عكسي نحو الترسيب علماً ان تركيز اليودات الناتج من الملح القوي(يودات البوتاسيوم) اكبر بكثير من ايون اليودات الناتج من الملح الشحيح (يودات الباريوم) لذا يهمل تركيز ايون اليودات الناتج من الملح الشحيح

المقارنة: نلاحظ ان الذوبانية في الماء المقطر اكبر بكثير من الذوبانية بوجود الايون المشترك ، والسبب لان الايون المشترك يرجح التفاعل العكسي نحو الترسيب فتقل الذوبانية ، ويمكن حساب نسبة كلا الذوبانيتين كالاتي:

$$\frac{\text{الذوبانية المولارية في الماء النقي (S)}}{\text{الذوبانية المولارية بوجود الايونالمشترك (y)}} = \frac{7.3 \times 10^{-4}}{3.9 \times 10^{-6}} = 187$$

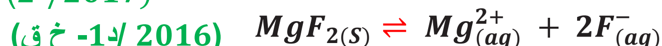
اي قلت الذوبانية بمقدار 187 مرة بوجود الايون المشترك عن الذوبانية في الماء النقي .

تمرين 3-22

قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح فلوريد المغنيسيوم MgF_2 تساوي $K_{SP} = 6.5 \times 10^{-9}$ (أ) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي (ب) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في محلول فلوريد الصوديوم NaF (الكتروليت قوي) تركيزه $0.1 mol/L$ ، ثم قارن بين النتيجتين . $\sqrt[3]{1.63} = 1.18$ (2د/2014 -خاص) (2د/2017)

الحل:

(أ) الذوبانية في الماء النقي(المحلول المشبع): (ق خ -1د/ 2016)



$$MgF_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$

$$S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][F^-]^2 \implies 6.5 \times 10^{-9} = (S)(2S)^2$$

$$4S^3 = 6.5 \times 10^{-9} \implies S^3 = 1.63 \times 10^{-9}$$

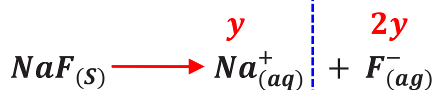
$$S = \sqrt[3]{1.63 \times 10^{-9}} = 1.18 \times 10^{-3}\ mol/L$$

(ب) الذوبانية بوجود الايون المشترك:

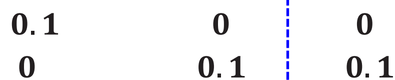


$$MgF_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$$

$$\qquad y \qquad 2y$$



$$NaF_{(S)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + F^{-}_{(aq)}$$



$$0.1 \qquad 0 \qquad 0$$

$$0 \qquad 0.1 \qquad 0.1$$

تهمل لانها صغيرة جداً

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][F^{-}]^{2} \Rightarrow 6.5 \times 10^{-9} = (y)(2y + 0.1)^{2}$$

$$y = 6.5 \times 10^{-7}\ mol/L$$

المقارنة: نلاحظ ان الذوبانية في الماء المقطر اكبر بكثير من الذوبانية بوجود الايون المشترك ، والسبب لان الايون المشترك يرجح التفاعل العكسي نحو الترسيب فتقل الذوبانية ، ويمكن حساب نسبة كلا الذوبانيتين كالاتي:

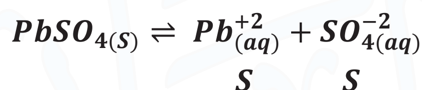
$$\frac{\text{الذوبانية المولارية في الماء النقي (S)}}{\text{الذوبانية المولارية بوجود الايونالمشترك (y)}} = \frac{1.18 \times 10^{-3}}{6.5 \times 10^{-7}} = 1810$$

تمرين 3-18

احسب (PH) لمحلول حامض الكبريتيك بعد اضافة $1ml$ منه الى لتر من محلول مشبع $PbSO_4$ لتتغير ذوبانية المحلول المشبع من 1.26×10^{-4} M الى 3.2×10^{-6} M ؟ (1د/2019)

الحل:

1) نجد K_{SP} من الذوبانية المولارية في المحلول المشبع:



$$PbSO_{4(S)} \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

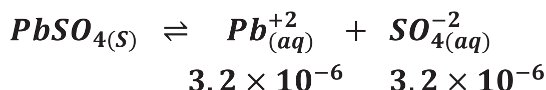
$$S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = S^{2}$$

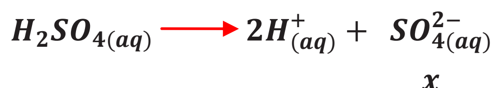
$$K_{SP} = (1.26 \times 10^{-4})^{2} = 1.6 \times 10^{-8}$$

2) نجد تركيز حامض الكبريتيك في محلول الايون المشترك:



$$PbSO_{4(S)} \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$3.2 \times 10^{-6} \qquad 3.2 \times 10^{-6}$$



$$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^{+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

$$x$$



تهمل

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$1.6 \times 10^{-8} = (3.2 \times 10^{-6})\ (3.2 \times 10^{-6} + x)$$

$$x = 5 \times 10^{-3} = [SO_4^{-2}] = [H_2SO_4]$$

3) نجد $[H^{+}]$ و PH :



$$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^{+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

تراكيز ابتدائية	5×10^{-3}	0	0
تراكيز نهائية	0	$2(5 \times 10^{-3})$	(5×10^{-3})

$$[H^{+}] = 0.01\ \text{M}$$

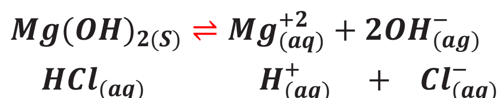
$$PH = -log[H^{+}] = -log10^{-2} = 2$$

وهو PH الحامض بعد الاضافة .

3) تأثير الاس الهيدروجيني: (2018/د1- ما تأثير)

اذا كان احد ايونات الملح الشحيح الذوبان ايون OH^- فأن عملية ذوبان الملح تتاثر بالاس الهيدروجيني PH اي بتركيز ايونات H^+ وايونات OH^- كما في : $Fe(OH)_3$ و $Zn(OH)_2$ و $Mg(OH)_2$ وكالاتي:

أ) عند اضافة حامض (زيادة في تركيز H^+ او PH واطئ) الى محلول الملح الشحيح كما في $Mg(OH)_2$ فأن ذلك يؤدي الى اتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- الناتجة من الملح فيتكون الماء وتزداد قابلية الذوبان (قاعدة لوشاتلية) ويترجح التفاعل الامامي،مثال اضافة HCl :

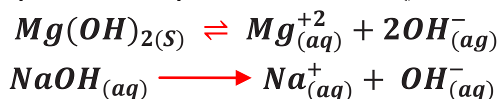


$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$

$$HCl_{(aq)} \qquad H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ب) عند اضافة قاعدة (زيادة في تركيز OH^- او PH عالي) الى محلول الملح الشحيح كما في $Mg(OH)_2$ فأن ذلك يؤدي الى زيادة في تركيز ايونات OH^- الناتجة من الملح فيترجح التفاعل الخلفي وتقل قابلية الذوبان (قاعدة لوشاتلية):

مثال اضافة $NaOH$:



$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$

$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

مثال 3-21

احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنيسيوم ($K_{SP} = 1.8 \times 10^{-11}$) في محلول مائي ثبتت درجة حموضته عند ($PH = 10.5$) . ($log3.2 = 0.5$) (3د/2013 – ولكن $PH = 11$)

الحل:

1) نجد $[H^+]$ من PH:

$$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-10.5} = 10^{-10.5+11-11}$$
$$= 10^{0.5} \times 10^{-11} = 3.2 \times 10^{-11} \text{ M}$$

2) نجد $[OH^-]$:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.2 \times 10^{-11}} = 3.1 \times 10^{-4}$$

3) نجد الذوبانية S :

$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$S \qquad 3.1 \times 10^{-4}$$
$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH^-]^2 \Rightarrow 1.8 \times 10^{-11} = S\,(3.1 \times 10^{-4})^2$$
$$S = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{9.61 \times 10^{-8}} = 1.9 \times 10^{-4}\ mol/L$$

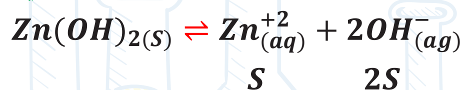
تمرين 3-23

محلول مشبع من $Mg(OH)_2$ حجمه لتر ومحلول اخر مشبع من $Zn(OH)_2$ حجمه لتر ايضاً . ما عدد مولات $NaOH$ الواجب اضافتها الى احد المحلولين لتصبح ذوبانية المحلولين متساوية علماً بأن:

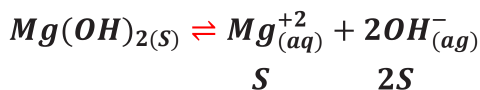
$$K_{SP}Zn(OH)_2 = 1.2 \times 10^{-17} \qquad K_{SP}Mg(OH)_2 = 1.8 \times 10^{-11}$$

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية S لكلا المحلولين في محلولهما المشبع من K_{SP}:



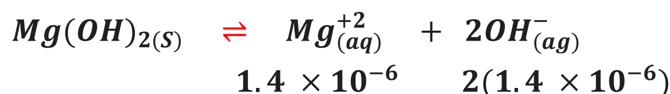
$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$S \qquad 2S$$
$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$
$$1.2 \times 10^{-17} = 4S^3$$
$$S^3 = 3 \times 10^{-18}$$
$$S = 1.4 \times 10^{-6} \text{ M}$$



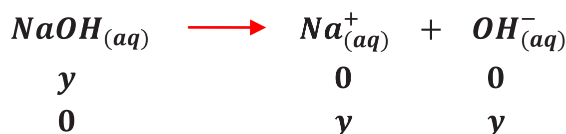
$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$S \qquad 2S$$
$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$
$$1.8 \times 10^{-11} = 4S^3$$
$$S^3 = 4.5 \times 10^{-12}$$
$$S = 1.65 \times 10^{-4} \text{ M}$$



2) بما ان اضافة $NaOH$ تعمل على تقليل الذوبانية لتكوينها الايون المشرك OH^- ، لذلك فيجب ان تضاف القاعدة للملح الاكثر ذوبانية لكي تقل حتى تتساوى مع الملح الاقل ذوبانية ، اي تضاف القاعدة لملح $Mg(OH)_2$ (لانه الاكبر ذوبانية) حتى تقل وتتساوى مع ذوبانية $Zn(OH)_2$ ، اي تقل من 1.6×10^{-4} M الى 1.4×10^{-6} M ، وكالاتي:



$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$1.4 \times 10^{-6} \qquad 2(1.4 \times 10^{-6})$$



$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

y	0	0
0	y	y

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$

تهمل

$$1.8 \times 10^{-11} = (1.4 \times 10^{-6})\,(2.8 \times 10^{-6} + y)^2$$

$$y^2 = \frac{1.8\times10^{-11}}{1.4\times10^{-6}}$$

$$y^2 = 1.28 \times 10^{-5}$$

$$y^2 = 12.8 \times 10^{-6}$$

$$y = 3.5 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$y = 0.0035\ mol$$



بما ان الحجم لتر واحد لذلك فأن عدد المولات يساوي المولارية .

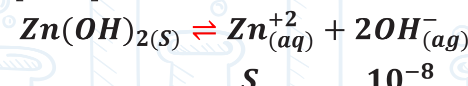
تمرين 3-24

احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبتت حامضيته عند: (أ) $PH = 6$ و (ب) $PH = 9$ اذا علمت ان $(K_{SP}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17})$ ، ثم ناقش النتائج . (2013/د1 – خارج القطر) (2013/ د2) (2019/ت)

الحل:

أ) $PH = 6$:

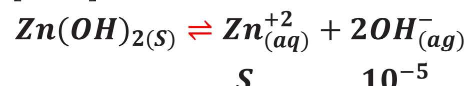
$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 6 = 8$$
$$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-8}\ mol/L$$



$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$S \qquad 10^{-8}$$
$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = S\,(10^{-8})^2$$
$$S = 0.12 \text{ M}$$

ب) $PH = 9$:

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 9 = 5$$
$$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-5}\ mol/L$$



$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$
$$S \qquad 10^{-5}$$
$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = S\,(10^{-5})^2$$
$$S = 1.2 \times 10^{-7} \text{ M}$$

المناقشة: نلاحظ ان الذوبانية في الوسط الحامضي $PH = 6$ هي اكبر من الذوبانية في الوسط القاعدي $PH = 9$ بسبب وجود الايون المشترك OH^- الذي يرجح التفاعل العكسي نحو الترسيب فيقلل الذوبانية مقارنة بالوسط الحامضي .

اسئلة الفصل الثالث

1-3

المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء وايوناته: $2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

أ) هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة .

ب) ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة $25C^o$ ، وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد في الماء النقي ؟

الحل:

أ) نعم يتأثر النظام المتزن بتغير درجة الحرارة حيث يؤدي التسخين الى زيادة تفكك الماء لان تفكك الماء ماص للحرارة وتزداد قيمة K_w حسب قاعدة لوشاتليه .

ب) $K_w = 1 \times 10^{-14}$ ، $[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$

2-3

جد مقدار التغير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل الاتية:

1) $1ml$ من HCl تركيزه 10 M . (2017 د1)

الحل:

1) $PH = 7$ للماء قبل اضافة الحامض وهو PH_1

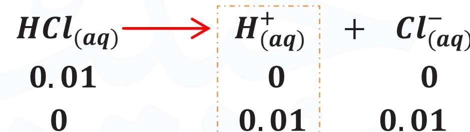
2) نجد مولارية حامض HCl بعد الاضافة من قانون التخفيف:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10\ M \times 1ml \times \frac{1L}{1000ml} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mol/L$$

3) نجد تركيز ايون H^+ :



$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$HCl_{(aq)}$	$H^+_{(aq)}$	$Cl^-_{(aq)}$
0.01	0	0
0	0.01	0.01

4) نجد PH و ΔPH :

$$PH = -log[H^+] = -log10^{-2} = 2$$

$PH_2 = 2$ وهو PH الماء بعد الاضافة

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 2 - 7 = -5$$

نلاحظ انخفاض PH الماء بعد اضافة الحامض اليه بمقدار 5 وحدات

2) $1ml$ من $NaOH$ تركيزه 10 M (تمهيدي 2017)

الحل:

1) $PH = 7$ للماء قبل اضافة القاعدة وهو PH_1

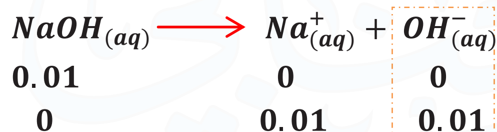
2) نجد مولارية القاعدة $NaOH$ بعد الاضافة من قانون التخفيف:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10\ M \times 1ml \times \frac{1L}{1000ml} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mol/L$$

3) نجد تركيز ايون OH^- :



$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$NaOH_{(aq)}$	$Na^+_{(aq)}$	$OH^-_{(aq)}$
0.01	0	0
0	0.01	0.01

4) نجد PH و ΔPH :

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}\ M$$

$$PH = -log[H^+] = -log10^{-12} = 12$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 = 12 - 7 = +5$$

نلاحظ ارتفاع PH الماء بعد اضافة القاعدة اليه بمقدار 5 وحدات

3-3

في المحاليل المائية للمواد التالية ، هل يكون المحلول حامضياً او قاعدياً او متعادلاً ؟ ولماذا ؟

أ) NH_4Cl ب) Na_2SO_4 ج) CH_3COOK د) CaF_2 هـ) $MgSO_4$ و) KCl

الحل:

أ) NH_4Cl / ملح حامضي ، لانه مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة ضعيفة NH_3 .

ب) Na_2SO_4 / ملح متعادل ، لانه مشتق من حامض قوي H_2SO_4 وقاعدة قوية $NaOH$.

ج) CH_3COOK / ملح قاعدي ، لانه مشتق من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف CH_3COOH .

د) CaF_2 / ملح قاعدي ، لانه مشتق من قاعدة قوية $Ca(OH)_2$ وحامض ضعيف HF .

هـ) $MgSO_4$ / ملح حامضي ، لانه مشتق من حامض قوي H_2SO_4 وقاعدة ضعيفة $Mg(OH)_2$.

و) KCl / ملح متعادل ، لانه مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة قوية KOH .



4-3 ما عدد غرامات CH_3COOH $(M = 60g/mol)$ الواجب اضافتها الى $250ml$ من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علماً بأن PK_a للحامض $= 4.74$. $(log2 = 0.3$ ، $log1.8 = 0.26)$

الحل:

1) نجد $[H^+]$ من PH :

$$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-2.7} = 10^{-2.7+3-3} = 10^{0.3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}\ M$$

2) نجد K_a من PK_a :

$$K_a = 10^{-K_a} = 10^{-4.74} = 10^{-4.74+5-5} = 10^{0.26} \times 10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5}$$

3) نجد مولارية الحامض M من K_a و $[H^+]$:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(2\times10^{-3})^2}{[CH_3COOH]}$$

$$[CH_3COOH] = \frac{4 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-5}} = 0.22\ M$$

4) نجد غرامات الحامض من المولارية M :

$$M = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \times \frac{1}{V(L)}$$

$$m(g) = M\ (mol/l) \times M(g/mol) \times V(L)$$

$$= 0.22mol/L \times 60g/mol \times 250ml \times \frac{1L}{1000ml} = 3.3g$$

5-3 اختر الجواب الصحيح:

1) ان عدد مليغرامات يودات الباريوم $((M = 487g/mol)$ و $(K_{SP} = 1.57 \times 10^{-9})$ التي يمكن ان تذوب في $150ml$ من الماء النقي هي: $(\sqrt[3]{0.4} = 0.73)$

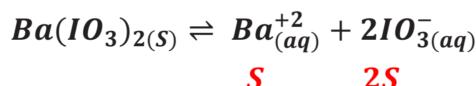
(أ) $34.4\ mg$

(ب) $44.4\ mg$

(ج) $53.4\ mg$

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية (S) من K_{SP}:



$$Ba(IO_3)_{2(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + 2IO^-_{3(aq)}$$

$$S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 = (S)(2S)^2 = 4S^3$$

$$1.57 \times 10^{-9} = 4S^3 \Rightarrow S^3 = 0.4 \times 10^{-9}$$

$$S = \sqrt[3]{0.4 \times 10^{-9}} = 7.3 \times 10^{-4}\ mol/L$$

2) نجد الذوبانية الغرامية S من الذوبانية المولارية:

$$S(mol/L)\ \text{الذوبانية المولارية} = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{M(g/mol)} \Rightarrow 7.3 \times 10^{-4} mol/L = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{487\ (g/mol)}$$

$$\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L) = 7.3 \times 10^{-4} mol/L \times 487\ (g/mol) = 0.3555g/L$$

3) نحول الغرامات الى مليغرامات mg للملح:

$$m(mg) = 0.3555g/L \times \frac{1000\ mg}{1\ g} = 355.5mg/L$$

4) نجد عدد المليغرامات في $150\ ml$:

$$m(mg) = 355.5mg/L \times \frac{1L}{1000\ ml} \times 150\ ml = 53.4mg$$

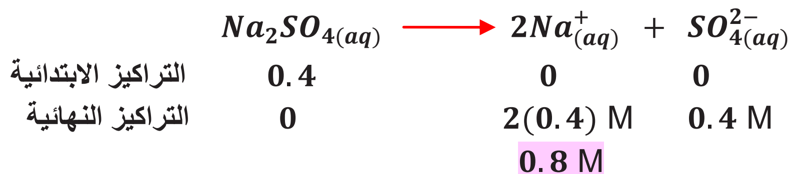
2) التراكيز المولارية لايونات Na^+ و SO_4^{-2} في محلول مائي من كبريتات الصوديوم تركيزه يساوي 0.4 M هي :

أ) $[Na^+] = 0.4$ M و $[SO_4^{-2}] = 0.4$ M

ب) $[Na^+] = 0.2$ M و $[SO_4^{-2}] = 0.4$ M

ج) $[Na^+] = 0.8$ M و $[SO_4^{-2}] = 0.4$ M

الحل: كبريتات الصوديوم ملح تام الذوبان اي الكتروليت قوي وتحسب تراكيز الايونات تحسب كالاتي:



$$Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

التراكيز الابتدائية	0.4	0	0
التراكيز النهائية	0	2(0.4) M	0.4 M
		0.8 M	

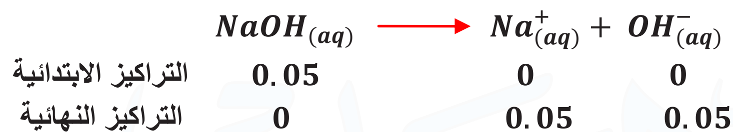
3) قيم PH و POH لمحلول 0.05 M من هيدروكسيد الصوديوم هي: $(log5 = 0.7)$

(أ) $PH = 1.3$ و $POH = 12.7$

(ب) $PH = 7$ و $POH = 7$

(ج) $PH = 12.7$ و $POH = 1.3$

الحل:



$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

التراكيز الابتدائية	0.05	0	0
التراكيز النهائية	0	0.05	0.05

$$POH = -log[OH^-] = -log0.05 = -log(5 \times 10^{-2})$$

$$POH = -log5 - log10^{-2} = -0.7 + 2 = 1.3$$

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 1.3 = 12.7$$

3) ان قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم المائية بتركيز 0.5 M تساوي: $(PK_b(NH_3) = 4.74)$

(أ) 7 (ب) 9.22 (ج) 4.78 $(log5 = 0.7)$ (تمهيدي / 2014)

الحل: نترات الامونيوم ملح حامضي ناتج من حامض النتريك قوي والامونيا قاعدة ضعيفة (السؤال مكرر تمرين 3 – 11)

1) كتابة المعادلات:

تفكك الملح



$$NH_4NO_{3(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

تفاعل الايون الموجب



$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) تطبيق قانون PH للملح الحامضي:

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc] = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - log0.5]$$

$$= \frac{1}{2}[9.26 - log5 \times 10^{-1}] = \frac{1}{2}[9.26 - log5 - log10^{-1}]$$

$$= \frac{1}{2}[9.26 - 0.7 + 1] = \frac{1}{2}(9.56) = 4.78$$

(المحلول حامضي لان $PH < 7$)

3) نجد POH:

$$PH + POH = 14$$

$$4.78 + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 4.78 = 9.22$$

6-3 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1 M الى:

$(PK_b(NH_3) = 4.74)$ $(log5 = 0.7)$ $(log2 = 0.3)$

1) 10ml من $NaOH$ تركيزه 0.1 M .

2) 15ml من $NaOH$ تركيزه 0.1 M .

3) 10ml من NH_3 تركيزه 0.1 M .

4) 15ml من NH_3 تركيزه 0.1 M .

ملاحظات مهمة في حل اسئلة المزج (التعادل):

1) نجد V_2 وهو الحجم الكلي بعد المزج

2) نجد التراكيز المولارية للحامض والقاعدة بعد المزج من قانون التخفيف .

3) كتابة المعادلة الكيميائية لتفاعل الحامض مع القاعدة مع كتابة التراكيز الابتدائية والتغير في التراكيز والتراكيز النهائية .

4) تحديد نوع المحلول من نوع المواد المتبقية والمتكونة في نهاية التفاعل (التراكيز النهائية) .

الحل:

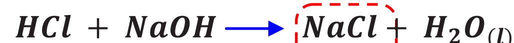
1) 10ml من $NaOH$ تركيزه 0.1 M

// HCl

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 20ml$$
$$M_2 = 0.05 mol/L$$

// $NaOH$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 20ml$$
$$M_2 = 0.05 mol/L$$



$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O_{(l)}$$

	HCl	$NaOH$	$NaCl$	H_2O
تراكيز ابتدائية	0.05	0.05	0	0
التغير بالتراكيز	−0.05	−0.05	+0.05	+0.05
تراكيز نهائية	0	0	0.05	0.04

المحلول النهائي هو ملح كلوريد الصوديوم $NaCl$ وهو ملح متعادل اي: $PH = 7$

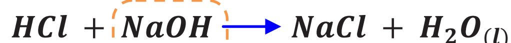
2) 10ml من $NaOH$ تركيزه 0.1 M

// HCl

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 25ml$$
$$M_2 = 0.04 mol/L$$

// $NaOH$

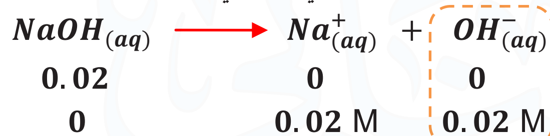
$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 15ml = M_2 \times 25ml$$
$$M_2 = 0.06 mol/L$$



$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O_{(l)}$$

	HCl	$NaOH$	$NaCl$	H_2O
تراكيز ابتدائية	0.04	0.06	0	0
التغير بالتراكيز	−0.04	−0.04	+0.04	+0.04
تراكيز نهائية	0	0.02	0.04	0.04

المحلول النهائي هو قاعدة قوية ولا تأثير لوجود $NaCl$ في المحلول اي نجد PH من $NaOH$ المتبقي وكالاتي:



$$NaOH_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$NaOH_{(aq)}$	$Na^+_{(aq)}$	$OH^-_{(aq)}$
0.02	0	0
0	0.02 M	0.02 M

$$POH = -log[OH^-] = -log0.02 = -log2 \times 10^{-2}$$
$$POH = -log2 - log10^{-2} = -0.3 + 2 = 1.7$$
$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 1.7 = 12.3$$

(المحلول قاعدي)

3) 10ml من NH_3 تركيزه 0.1 M

// HCl

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 20ml$$
$$M_2 = 0.05 mol/L$$

// NH_3

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 20ml$$
$$M_2 = 0.05 mol/L$$



$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$$

	HCl	NH_3	NH_4Cl
تراكيز ابتدائية	0.05	0.05	0
التغير بالتراكيز	−0.05	−0.05	+0.05
تراكيز نهائية	0	0	0.05

المحلول النهائي هو ملح حامضي فقط ونجد PH له كالاتي:



$$NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$



$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc]$$
$$= \frac{1}{2}[14 - 4.74 - log0.05]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - log5 \times 10^{-2}]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - log5 - log10^{-2}]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - 0.7 + 2]$$
$$= \frac{1}{2}(10.56)$$
$$= 5.28$$

4) $15ml$ من NH_3 تركيزه $0.1\ M$

$//HCl$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0.1\ M \times 10ml = M_2 \times 25ml$$

$$M_2 = 0.04 mol/L$$

$//NH_3$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0.1\ M \times 15ml = M_2 \times 25ml$$

$$M_2 = 0.06 mol/L$$

	HCl +	NH_3 →	NH_4Cl
تراكيز ابتدائية	0.04	0.06	0
التغير بالتراكيز	-0.04	-0.04	$+0.04$
تراكيز نهائية	0	0.02	0.04

المحلول النهائي هو امونيا وملحها اي ايون مشترك :

$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + log\frac{0.4}{0.2}$$

$$POH = 4.74 + log2$$

$$POH = 4.74 + 0.3$$

$$POH = 5.04$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - 5.04 = 8.96$$



7-3

اكمل الفراغات في الجدول الاتي:

الحل: علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} وثابت تفكك فلوريد الهيدروجين 6.5×10^{-4} :

محلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
حامض قوي $0.15\ M\ HI$	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
حامض ضعيف $0.15\ M\ HF$	0.01	10^{-12}	2	12
قاعدة قوية $0.06\ M\ RbOH$	1.6×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
قاعدة قوية $0.05\ M\ Ca(OH)_2$	1×10^{-13}	0.1	13	1
قاعدة ضعيفة $0.75\ M\ NH_4OH$	2.7×10^{-12}	3.67×10^{-3}	11.56	2.44

8-3

اكمل الفراغات في الجدول الاتي:

المحلول	POH	$[OH^-]$	PH	$[H_3O^+]$
1	10.16	6.9×10^{-11}	3.84	1.45×10^{-4}
2	1.39	4.07×10^{-2}	12.61	2.45×10^{-13}
3	2.90	1.26×10^{-3}	11.10	7.94×10^{-12}
4	9.47	3.39×10^{-10}	4.53	2.95×10^{-5}

9-3

اكمل الفراغات في الجدول الاتي:

الملح	الذوبانية	K_{SP}	PK_{SP}
Ag_2S	$4 \times 10^{-17}\ (mol/L)$	6.0×10^{-50}	49.23
MgC_2O_4	$1\ (g/L)$	8.7×10^{-5}	4.06
Sb_2S_3	$1.35 \times 10^{-19}\ (mol/L)$	4.8×10^{-93}	92.3
$ZnSO_4$	$0.02\ (g/L)$	1.54×10^{-8}	7.81

ملاحظة: الكتل المولية هي $(M(MgC_2O_4) = 112g/mol)$ ، $(M(ZnSO_4) = 161g/mol)$

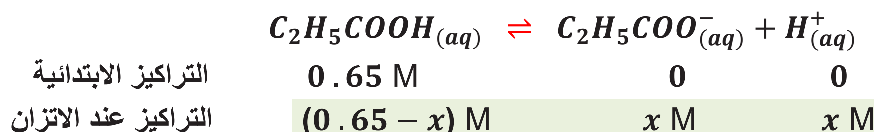


10-3

اذا علمت ان قيمة K_a لحامض البروبانويك C_2H_5COOH تساوي 1.3×10^{-5} ، ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذو تركيز 0.65 M ؟

الحل:

1) نجد تركيز ايون الهيدروجين H^+ من K_a وتركيز الحامض:



	$C_2H_5COOH_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	$C_2H_5COO^-_{(aq)}$	$+ H^+_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.65 M		0	0
التراكيز عند الاتزان	$(0.65 - x)$ M		x M	x M

$$K_a = \frac{[C_2H_5COO^-][H^+]}{[C_2H_5COOH]} \quad \Rightarrow \quad 1.3 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.65}$$

$$x^2 = 8.45 \times 10^{-6} \quad \surd \quad \Rightarrow \quad x = 2.9 \times 10^{3} \text{ M} = [H^+]$$

2) نجد % للتفكك (للتأين) :

$$\text{\% التأين} = \frac{\text{تركيزايون } H^+ \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100$$

$$\text{\% التأين} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.65} \times 100 = 0.45\ \%$$

11-3

ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4{}^+] = 0.01$ M و $[OH^-] = 1.2 \times 10^{-5}$ ؟ علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} ؟

الحل:

المحلول هو ايون مشترك (امونيا وملحها) وليس محلول للامونيا والسبب لان تراكيز الايونات $[OH^-]$ و $[NH_4{}^+]$ غير متساوي في المحلول (أي لو كانت فقط الامونيا في المحلول لكان $[NH_4{}^+] = [OH^-]$) .

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]} \quad \Rightarrow \quad 1.2 \times 10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[base]}{0.01}$$

$$\text{الامونيا } [base] = \frac{1.2 \times 10^{-7}}{1.8 \times 10^{-5}} = 6.67 \times 10^{-3} \text{ M}$$

12-3

احسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M = 82g/mol)$ اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125 M ، حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH له تساوي 4.74 .(ملاحظة: افترض ان اضافة الملح لا تؤدي الى تغير الحجم) ، علماً ان ثابت تفكك حامض الخليك 1.8×10^{-5} .

(0.12 M – 2د/2017)

(0.2 M تركيز الحامض ، $PH = 5$ ، $500ml$ الحجم، 2017 /تمهيدي) (2د/ 2014)

الحل:

المحلول ايون مشترك يتكون من حامض ضعيف وملحه:

1) نجد PK_a من K_a :

$$PK_a = -logK_a = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

2) نجد PH من قانون الايون المشترك :

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]} \quad \Rightarrow \quad 4.74 = 4.74 + log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$\left. \begin{array}{l} log\frac{[salt]}{0.125} = 0 \\ \because log1 = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \therefore log\frac{[salt]}{0.125} = log1 \Rightarrow \frac{[salt]}{0.125} = 1 \Rightarrow [salt] = 0.125 \text{ M}$$

3) نجد كتلة الملح (m) من المولارية:

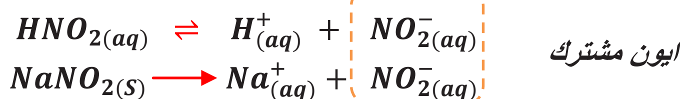
$$m(g) = \text{M}\ (mol/l) \times M(g/mol) \times V(L) = 0.125mol/L \times 82g/mol \times 1L = 10.25g$$

13-3

(أ) ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) $K_a(HNO_2) = 4.5 \times 10^{-4}$ بتركيز 0.12 M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15 M ؟ (ب) احسب قيمة PH المحلول الناتج بعد اضافة $1g$ من هيدروكسيد الصوديوم $(M = 40g/mol)$ الى لتر واحد من محلول البفر . استفد من المعلومات الاتية:
$((log1.8 = 0.26$ ، $log5 = 0.7$ ، $log2 = 0.3$ ، $log4.5 = 0.65))$
(2013 /1د)(2016 / تمهيدي) (2017/1د - موصل) (2018/3د- تركيز 0.05 M $NaOH$ $V = 2L$)

الحل:

(أ) نجد PH للمحلول قبل اضافة القاعدة القوية ، والمحلول ايون مشترك مكون من حامض ضعيف وملحه :



ايون مشترك

$$PK_a = -logK_a = -log4.5 \times 10^{-4} = -log4.5 - log10^{-4}$$
$$= -0.65 + 4 = 3.35$$

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = 3.35 + log\frac{0.15}{0.12}$$

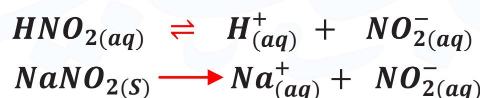
$$PH = 3.35 + log\frac{5}{4} \Rightarrow PH = 3.35 + log5 - log2^2$$

$$PH = 3.35 + 0.7 - 2(0.3) = 3.45 = PH_1$$

(ب) نجد PH للمحلول بعد اضافة القاعدة القوية:

ـ نجد مولارية القاعدة القوية:

$$M = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \times \frac{1}{V(L)} = \frac{1(g)}{40(g/mol)} \times \frac{1}{1(L)} = 0.025 mol/L$$





	$NaOH_{(aq)}$	$Na^+_{(aq)}$	$OH^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.025	0	0
التراكيز النهائية	0	0.025	0.025

ـ تطبيق القانون:

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + log\frac{0.150+0.025}{0.120-0.025} \Rightarrow PH = 3.35 + log\frac{0.175}{0.095}$$

$$PH = 3.35 + log1.8 = 3.35 + 0.26 = 3.61 = PH_2$$

14-3

اذا كان هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو $PH = 9$ من مزج NH_3 مع NH_4Cl . كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟ علماً ان $PK_b = 4.74$. (2014 /1د)

الحل:

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5 = 4.74 + log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 0.26$$
$$log1.8 = 0.26$$

$$\Rightarrow log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = log1.8 \Rightarrow \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1.82$$



15-3 ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مشبع منه علماً بأن $K_{SP} = 1.6 \times 10^{-10}$ ، وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10 M الى لتر من المحلول المشبع منه . $\sqrt{1.6} = 1.26$ (تمهيدي 2017) (1د/2017)

(2018 /د 1- خ ق) ما تركيز 1ml من الحامض لتتغير الذوبانية من 1.26×10^{-5} الى 1.6×10^{-8}

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية للملح (S) في الماء النقي:

$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

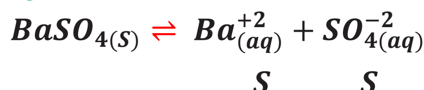
$$S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] \Rightarrow K_{SP} = S^2$$

$$1.6 \times 10^{-10} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{1.6 \times 10^{-10}} = 1.26 \times 10^{-5} mol/L$$

2) نجد ذوبانية الملح المولارية (y) بعد اضافة حامض H_2SO_4 وتكوين الايون المشترك وكالاتي :

نجد مولارية الحامض بعد الاضافة (M_2) من قانون التخفيف:



(H_2SO_4 قبل الاضافة) $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ (H_2SO_4 بعد الاضافة)

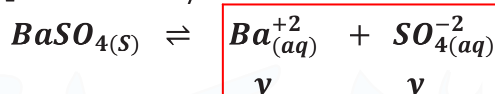
$$10\ M \times 1ml \times \frac{1L}{1000ml} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mol/L$$



$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$y \qquad y$$



$$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

	$H_2SO_{4(aq)}$	$2H^+_{(aq)}$	$SO^{2-}_{4(aq)}$
تراكيز ابتدائية	0.01	0	0
تراكيز نهائية	0	0.02	0.01



$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$1.6 \times 10^{-10} = (y)\ (y + 0.01)$$ تهمل

$$y = 1.6 \times 10^{-8}$$

ـ نلاحظ انخفاض الذوبانية بوجود الايون المشترك بسبب ايون الكبريتات الذي يرجح التفاعل العكسي نحو الترسيب .

16-3 احسب قيمة PH و $[OH^-]$ لمحاليل الاملاح التالية:

1) 0.1 M سيانيد الصوديوم $NaCN$. $K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$

2) 0.25 M نترات الامونيوم NH_4NO_3 . علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5}

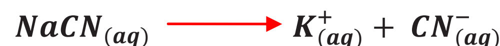
3) 0.5 M نترات الصوديوم $NaNO_3$

$log1.8 = 0.26$ ، $log7 = 0.85$
$log5 = 0.7$ ، $log1.18 = 0.07$
$\sqrt{1.4} = 1.18$

الحل:

1) 0.1 M سيانيد الصوديوم: (المحلول ملح قاعدي) (راجع تمرين 3 – 10)

1) كتابة المعادلات:



(تفكك الملح)

$$NaCN_{(aq)} \rightarrow K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

(تفاعل الايون السالب)



$$CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCN_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

2) نجد $[H^+]$ من قانون الجذر:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{C}} = \sqrt{\frac{(1 \times 10^{-14}) \times (4.9 \times 10^{-10})}{0.1}}$$

$$= \sqrt{49 \times 10^{-24}} = 7 \times 10^{-12}\ M$$

3) نجد PH :

$$PH = -log[H^+] = -log7 \times 10^{-12} = -log7 - log10^{-12} = -0.85 + 12 = 11.15$$

4) نجد $[OH^-]$:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{7 \times 10^{-12}} = 1.43 \times 10^{-3}\ M$$

2) 0.25 M نترات الامونيوم NH_4NO_3 .

الحل: نترات الامونيوم ملح حامضي ناتج من حامض النتريك قوي والامونيا قاعدة ضعيفة

الطريقـــــة الاولى:

1) كتابة المعادلات:

تفكك الملح



$$NH_4NO_{3(S)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

تفاعل الايون الموجب



$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) نجد $[H^+]$ من قانون الجذر :

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}} = \sqrt{\frac{(1\times 10^{-14}) \times 0.25}{1.8\times 10^{-5}}} = \sqrt{1.4 \times 10^{-10}} = 1.18 \times 10^{-5}\ \text{M}$$

3) نجد PH :

$$PH = -log[H^+] = -log1.18 \times 10^{-5} = -log1.18 - log10^{-5} = -0.07 + 5 = 4.93$$

4) نجد $[OH^-]$:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.18 \times 10^{-5}} = 8.5 \times 10^{-10}\ \text{M}$$

الطريقـــــة الثانيـــة:

1) نجد PK_b :

$$PK_b = -logK_b = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5} = -0.26 + 5 = 4.74$$

2) تطبيق قانون PH:

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - logc] = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - log0.25]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - log5^2 \times 10^{-2}] = \frac{1}{2}[9.26 - 2log5 - log10^{-2}]$$
$$= \frac{1}{2}[9.26 - 1.4 + 2] = \frac{1}{2}(9.86) = 4.93$$

3) نجد $[H^+]$ من قانون الجذر :

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}} = \sqrt{\frac{(1\times 10^{-14}) \times 0.25}{1.8\times 10^{-5}}} = \sqrt{1.4 \times 10^{-10}} = 1.18 \times 10^{-5}\ \text{M}$$

4) نجد $[OH^-]$:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.18 \times 10^{-5}} = 8.5 \times 10^{-10}\ \text{M}$$

ملاحظة: اختيار الطريقة المناسبة يعتمد على معلومات او معطيات السؤال .

---

3) 0.5 M نترات الصوديوم $NaNO_3$ (2017 / د2- خارج القطر)

الحل: بما ان الملح متعادل لانه ناتج من حامض قوي وقاعدة قوية لذلك فان محلوله المائي له:

$[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ و $PH = 7$



17-3

يتأين حامض الخليك في محلوله المائي ذو التركيز 0.01 M بمقدار $\%4.2$. احسب ثابت تأين الحامض .

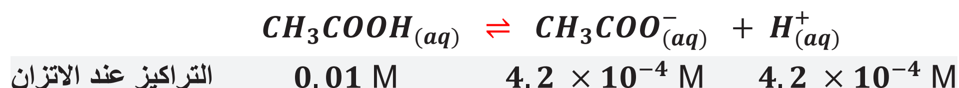
الحل:

1) نجد تركيز ايون الهيدروجين $[H^+]$ من النسبة المئوية للتأين % :

$$\% \text{ التأين} = \frac{\text{تركيز ايون } H^+ \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100$$

$$\% 4.2 = \frac{[H^+]}{0.01} \times 100 \quad \Rightarrow \quad [H^+] = 4.2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

2) نجد K_a من $[H^+]$ و مولارية الحامض:



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

التراكيز عند الاتزان	0.01 M	4.2×10^{-4} M	4.2×10^{-4} M

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \quad \Rightarrow \quad K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-4})^2}{0.01} = 1.76 \times 10^{-5}$$

18-3

احسب كتلة كلوريد الامونيوم $(M = 53.5g/mol)$ الواجب اضافتها الى $500ml$ من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH المحلول تساوي 9.0 . علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} . $log1.8 = 0.26$
(د3/2013) (د2/2016 – الحجم ربع لترمن محلول 0.2M امونيا)

الحل:

المحلول ايون مشترك مكون من قاعدة ضعيفة وملحها:

1) نجد POH من PH :

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 9 = 5$$

2) نجد PK_b :

$$PK_b = -logK_b = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

3) نجد تركيز الملح من قانون الايون المشترك:

$$POH = PK_b + log\frac{[salt]}{[base]} \quad \Rightarrow \quad 5 = 4.74 + log\frac{[salt]}{0.15}$$

$$log\frac{[salt]}{0.15} = 0.26$$

$log1.82 = 0.26$ ولكن من السؤال

$$\therefore \frac{[salt]}{0.15} = 1.82 \quad \Rightarrow \quad [salt] = 0.27 \text{ M}$$

4) نجد كتلة الملح من المولارية:

$$m(g) = \text{M} \ (mol/l) \times M(g/mol) \times V(L)$$
$$= 0.27mol/L \times 53.5g/mol \times 500ml \times \frac{1L}{1000ml} = 7.22g$$

19-3

احسب الذوبانية المولارية (mol/L) والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 $(M = 314g/mol)$ و $(PK_{SP} = 4.92)$ في (أ) الماء النقي ، (ب) محلول 0.15 M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 .
$log1.2 = 0.08$ ، $\sqrt[3]{3} = 1.4$ ، $\sqrt{20} = 4.4$ او $(\sqrt{0.2} = 0.44)$ (تمهيدي 2014 / - المولارية فقط)

الحل:

(أ) الذوبانية في الماء النقي (S):

$$K_{SP} = 10^{-PK_{sp}} = 10^{-4.92} = 10^{-4.92+5-5} = 10^{0.08} \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-5}$$



$$Ag_2SO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^+]^2][SO_4^{-2}] \Rightarrow 1.2 \times 10^{-5} = (2S)^2(S)$$

$$4S^3 = 1.2 \times 10^{-5} \Rightarrow S^3 = 3 \times 10^{-6}$$

$$S = \sqrt[3]{3 \times 10^{-6}} = 1.4 \times 10^{-2}\ mol/L$$

$$y(mol/L)\ \text{الذوبانية المولارية} = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{M(g/mol)} \Rightarrow 1.4 \times 10^{-2} mol/L = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{314\ (g/mol)}$$

$$(g/L)\ \text{الغراميةالذوبانية} = 1.4 \times 10^{-2} mol/L \times 314\ (g/mol) = 4.396 g/L$$

(ب) نجد الذوبانية في محلول الايون المشترك(y) :



$$Ag_2SO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + SO^{-2}_{4(aq)}$$

$$2y \qquad y$$



$$K_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2K^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

	$K_2SO_{4(aq)}$	$2K^+_{(aq)}$	$SO^{2-}_{4(aq)}$
تراكيز ابتدائية	0.15	0	0
تراكيز نهائية	0	0.3	0.15

$$K_{SP} = [Ag^+]^2][SO_4^{-2}]$$

تهمل

$$1.2 \times 10^{-5} = (2y)^2(y + 0.15) \Rightarrow 4y^2 = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.15}$$

$$y^2 = 20 \times 10^{-6} \Rightarrow y = 4.4 \times 10^{-3} mol/L$$

$$y(mol/L)\ \text{الذوبانية المولارية} = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{M(g/mol)} \Rightarrow 4.4 \times 10^{-3} mol/L = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{314\ (g/mol)}$$

$$(g/L)\ \text{الذوبانية الغرامية} = 4.4 \times 10^{-3} mol/L \times 314\ (g/mol) = 1.38 g/L$$

20-3 ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332 g/mol)$التي يمكن ان تذوب في $100ml$ من الماء المقطر ؟ علماً بأن $K_{SP} = 1.1 \times 10^{-12}$.

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية (S):



$$Ag_2CrO_{4(S)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO^{-2}_{4(aq)}$$

$$2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^+]^2][CrO_4^{-2}] \Rightarrow 1.1 \times 10^{-12} = (2S)^2(S)$$

$$4S^3 = 1.1 \times 10^{-12} \Rightarrow S^3 = 275 \times 10^{-15} \Rightarrow S = 6.5 \times 10^{-5}$$

2) نجد الذوبانية الغرامية (g/L) :

$$S(mol/L)\ \text{الذوبانية} = \frac{\text{الذوبانية}\ (g/L)}{M(g/mol)} \Rightarrow 6.5 \times 10^{-5} mol/L = \frac{\text{الذوبانية}\ (g/L)}{332\ (g/mol)}$$

$$(g/L)\ \text{الذوبانية الغرامية} = 2.161 \times 10^{-2} g/L$$

3) نجد عدد الغرامات في $100\ ml$:

$$\text{عدد الغرامات} = 2.161 \times 10^{-2} g/L \times \frac{1L}{1000\ ml} \times 100\ ml = 2.161 \times 10^{-3} g$$



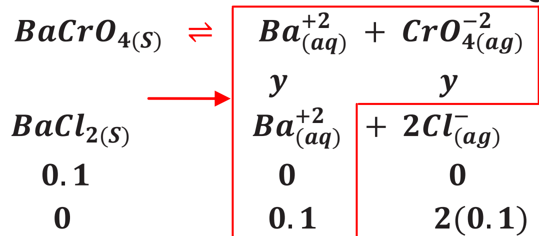
21-3

ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي 0.1 M ؟ اذا علمت ان $K_{SP}(BaCrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}$. $\sqrt{1.2} = 1.1$

(2017/د1– موصل/K_{SP} غير معلوم ولكن S معلومة) (2017/د2– / y معلومة ، والمطلوب S)

الحل:

المطلوب هو ايجاد الذوبانية المولارية (y) للملح الشحيح بوجود الايون المشترك:



$$BaCrO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + CrO^{-2}_{4(ag)}$$
$$\qquad\qquad y \qquad\quad y$$

$$BaCl_{2(S)} \longrightarrow Ba^{+2}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(ag)}$$

$BaCl_{2(S)}$	$Ba^{+2}_{(aq)}$	$2Cl^{-}_{(ag)}$
0.1	0	0
0	0.1	2(0.1)

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][CrO_4^{-2}]$$
$$1.2 \times 10^{-10} = (y + 0.1)(y)$$ (تهمل y)
$$y = 1.2 \times 10^{-9} mol/L$$

22-3

كم ستكون قيمة PH المحلول الناتج من مزج $20ml$ من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ مع $50ml$ من 0.1 M حامض الخليك CH_3COOH ؟ علماً بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ($log1.8 = 0.26$ ، $log2 = 0.3$)

(د2- 2018/ خ ق)

الحل:

ملاحظة: الاسئلة 22 و 23 و 24 هي من اسئلة المزج وتحل كما في س 6 من اسئلة الفصل .

1) نجد الحجم الكلي V_2 : $\quad V_2 = 20ml + 50ml = 70ml$

2) نجد التراكيز المولارية بعد المزج لكل من الحامض والقاعدة من قانون التخفيف:

// $NaOH$

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.2\ M \times 20ml = M_2 \times 70ml$

$M_2 = 0.057 mol/L$

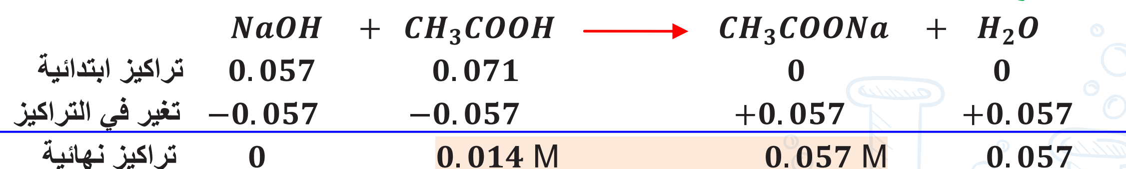
// CH_3COOH

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.1\ M \times 50ml = M_2 \times 70ml$

$M_2 = 0.071 mol/L$

3) كتابة معادلة تفاعل الحامض مع القاعدة:



$$NaOH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

	$NaOH$	CH_3COOH	CH_3COONa	H_2O
تراكيز ابتدائية	0.057	0.071	0	0
تغير في التراكيز	−0.057	−0.057	+0.057	+0.057
تراكيز نهائية	0	0.014 M	0.057 M	0.057

4) ∴ المحلول الناتج هو حامض ضعيف وملحه (ايون مشترك):



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^{-}_{(aq)} + H^{+}_{(aq)}$$



$$CH_3COONa_{(S)} \longrightarrow CH_3COO^{-}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)}$$

$$PK_a = -logK_a = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$

$$PH = PK_a + log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = 4.74 + log\frac{0.057}{0.014}$$
$$PH = 4.74 + log4 \Rightarrow PH = 4.74 + log2^2$$
$$PH = 4.74 + 2(0.3) = 4.74 + 0.60 = 5.34$$



23-3

عند اضافة $25ml$ من 0.2 M محلول هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ الى $50ml$ من 0.1 M محلول حامض الخليك ، ماذا ستكون قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول الناتج ؟ علماً بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$. $(log0.066 = 1.18 \text{ ، } log1.8 = 0.26)$

الحل:

1) نجد الحجم الكلي V_2 :

$$V_2 = 25ml + 50ml = 75ml$$

2) نجد التراكيز المولارية بعد المزج لكل من الحامض والقاعدة من قانون التخفيف:

// $NaOH$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.2\text{ M} \times 25ml = M_2 \times 75ml$$
$$M_2 = 0.066 mol/L$$

// CH_3COOH

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\text{ M} \times 50ml = M_2 \times 75ml$$
$$M_2 = 0.066 mol/L$$

3) كتابة معادلة تفاعل الحامض مع القاعدة:

	$NaOH$	+ CH_3COOH	→ CH_3COONa	+ H_2O
تراكيز ابتدائية	0.066	0.066	0	0
تغير في التراكيز	−0.066	−0.066	+0.066	+0.066
تراكيز نهائية	0	0	0.066 M	0.066

4) المحلول الناتج ملح قاعدي:

$$PK_a = -logK_a = -log1.8 \times 10^{-5} = -log1.8 - log10^{-5}$$
$$= -0.26 + 5 = 4.74$$
$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + logc] = \frac{1}{2}[14 + 4.74 + log0.066]$$
$$PH = \frac{1}{2}[18.74 - 1.18] = \frac{1}{2}(17.56) = 8.78$$

24-3

احسب قيمة PH لمحلول ناتج من مزج $26ml$ من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم مع $50ml$ من 0.1 M حامض الهيدروكلوريك ؟ $(log2.6 = 0.42)$ (3د−/2016) ولكن حجم $25\ ml\ NaOH$ ، $log1.7 = 0.23$ ، $\sqrt{3} = 1.7$)
(2017 /د -2 موصل) (2018 /د -1 خ ق- حجم $30\ ml\ NaOH$ ، حجم $20\ ml\ HCl$)

الحل:

1) نجد الحجم الكلي V_2 :

$$V_2 = 26ml + 50ml = 76ml$$

2) نجد التراكيز المولارية بعد المزج لكل من الحامض والقاعدة من قانون التخفيف:

// $NaOH$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.2\text{ M} \times 26ml = M_2 \times 76ml$$
$$M_2 = 0.0684 mol/L$$

// HCl

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$0.1\text{ M} \times 50ml = M_2 \times 76ml$$
$$M_2 = 0.0658 mol/L$$

3) كتابة معادلة تفاعل الحامض مع القاعدة:

	HCl	+ $NaOH$	→ $NaCl$	+ H_2O
تراكيز ابتدائية	0.0658	0.0684	0	0
تغير في التراكيز	−0.0658	−0.0658	+0.0658	+0.0658
تراكيز نهائية	0	0.0026	0.0658 M	0.0658

4) المحلول الناتج قاعدة قوية وملح متعادل ، ونجد PH من القاعدة القوية (المتبقي او الزيادة منها بعد التفاعل) :



	$NaOH_{(aq)}$	→ $Na^+_{(aq)}$	+ $OH^-_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.0026	0	0
التراكيز النهائية	0	0.0026	0.0026

• نجد POH:

$$POH = -log[OH^-] = -log0.0026 = -log2.6 \times 10^{-3}$$
$$POH = -log2.6 - log10^{-3} = -0.42 + 3 = 2.58$$

• نجد PH:

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 2.58 = 11.42$$



25-3

كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم $(M = 56g/mol)$ اللازم اضافتها الى $200ml$ من الماء لتصبح قيمة PH المحلول الناتج تساوي 11 ؟ (د1- 2015/ خاص)

الحل:

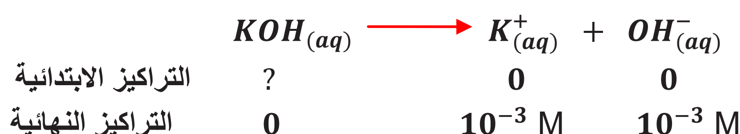
1) نجد POH من PH :

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 11 = 3$$

2) نجد $[OH^-]$:

$$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-3}\ \text{M}$$

3) KOH قاعدة قوية ولها تفكك تام :



$$KOH_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

	KOH	K^+	OH^-
التراكيز الابتدائية	?	0	0
التراكيز النهائية	0	10^{-3} M	10^{-3} M

$$[KOH] = [OH^-] = 10^{-3}\ \text{M}$$

4) نجد كتلة القاعدة :

$$m(g) = \text{M}\ (mol/l) \times M(g/mol) \times V(L)$$

$$= 10^{-3} mol/L \times 56 g/mol \times 200\text{ml} \times \frac{1\text{L}}{1000ml} = 0.0112g$$

26-3

اذا علمت ان النسبة المئوية للتفكك 0.1 M حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي 0.01 % ، كم هو ثابت تاين هذا الحامض ؟ (د3/2013) (2014/تمهيدي) (2019/ت)

الحل:

ملاحظة: يحل السؤال بطريقة مماثلة لسؤال 17 من اسئلة الفصل .

1) نجد تركيز ايون الهيدروجين $[H^+]$ من النسبة المئوية للتأين % :

$$\%\ \text{التأين} = \frac{\text{تركيزايون } H^+ \text{ عند الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100$$

$$\%\ 0.01 = \frac{[H^+]}{0.1} \times 100 \quad \Rightarrow \quad [H^+] = 1 \times 10^{-5}\ \text{M} = x$$

2) نجد K_a من $[H^+]$ و مولارية الحامض :



$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

	HCN	H^+	CN^-
التراكيز عند الاتزان	0.1	1×10^{-5}	1×10^{-5}

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[\text{HCN}]} = \frac{(1\times 10^{-5})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$$

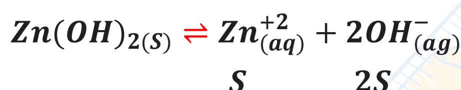
27-3

احسب الذوبانية المولارية S (التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح عند حالة الاتزان) والذوبانية بدلالة (g/L) لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ $(M = 99.4g/mol)$ اذا علمت ان $K_{SP}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$.

$(\sqrt[3]{3} = 1.44)$ (د1/2014) (2016 /تمهيدي)

الحل:

1) نجد الذوبانية المولارية (S):



$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(ag)}$$

$$S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2 = (S)(2S)^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = 4\,S^3 \quad \Rightarrow \quad S^3 = 3 \times 10^{-18}$$

$$S = 1.44 \times 10^{-6}\ \text{M}$$

2) نجد الذوبانية الغرامية (g/L) :

$$S(mol/L)\ \text{الذوبانية} = \frac{\text{الذوبانية}\ (g/L)}{M(g/mol)} \Rightarrow 1.44\times10^{-6} mol/L = \frac{\text{الذوبانية}\ (g/L)}{99.4\ (g/mol)}$$

$$\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L) = 1.44\times10^{-6} mol/L \times 99.4\ (g/mol) = 1.43\ \times\ 10^{-4} g/L$$

28-3

احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH لمحلول نتج من تخفيف $1ml$ من 13.6 M حامض الهيدروكلوريك الى لتر بالماء . $(log1.36 = 0.134)$

الحل:

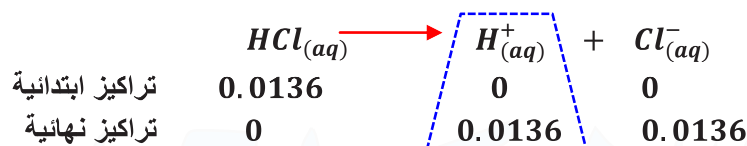
1) نجد تركيز الحامض بعد الاضافة من قانون التخفيف:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$13.6 \times 1ml \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.0136$$

2) نجد $[H^+]$:



	$HCl_{(aq)}$	→	$H^+_{(aq)}$	+	$Cl^-_{(aq)}$
تراكيز ابتدائية	0.0136		0		0
تراكيز نهائية	0		0.0136		0.0136

3) نجد قيمة PH :

$$PH = -log[H^+] = -log0.0136$$

$$= -log1.36 - log10^{-2} = -0.134 + 2 = 1.866$$

29-3

ان تركيز ايون الكالسيوم $(M = 40g/mol)$ في بلازما الدم يساوي $0.1g/L$ فاذا كان تركيز ايون الاوكزالات فيه يساوي 1×10^{-7} M ، هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 $(PK_{sp} = 8.64)$. $(log2.3 = 0.36)$

(د1/2013) (د1/2015 - خاص)

الحل:

1) نجد التركيز المولاري(الذوبانية المولارية) لايون Ca^{+2} من الذوبانية الغرامية (g/L):

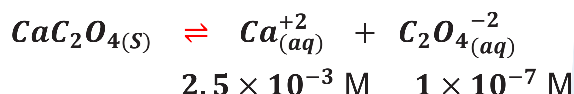
$$\text{الذوبانية المولارية}\ (mol/L) = \frac{\text{الذوبانية الغرامية}\ (g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1\ (g/L)}{40\ (g/mol)} = 2.5\times10^{-3}\ mol/L$$

2) نجد K_{SP} من PK_{sp} :

$$K_{SP} = 10^{-PK_{sp}} = 10^{-8.64} = 10^{-8.64+9-9} = 10^{0.36}\times10^{-9} = 2.3\ \times10^{-9}$$

3) نجد Q_{SP} (حاصل الاذابة):

نقارن بينهما



$$CaC_2O_{4(S)} \rightleftharpoons Ca^{+2}_{(aq)} + C_2O_{4(aq)}^{-2}$$

$$2.5\times10^{-3}\ M \qquad 1\times10^{-7}\ M$$

$$Q_{SP} = [Ca^{+2}][C_2O_4{}^{-2}] = (2.5\times10^{-3})(1\times10^{-7}) = 2.5\times10^{-10}$$

وبما ان $K_{SP} > Q_{SP}$ لذا فالتفاعل امامي نحو الذوبان اي لا يحصل ترسيب .

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر





مسائـــــــــل وزاريـــــــــة (خارجية) :

سؤال وزاري (2013 / تمهيدي) (1د/2014 – خاص) (2د/2016– $Ca(OH)_2$) :

محلول هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ بتركيز 0.05 M فأن PH للمحلول = ... ج// 13

سؤال وزاري (1د/2014 – خاص):

ما تركيز حامض الخليك الذي يجب ان يكون في محلول يحتوي على خلات الصوديوم بتركيز M (0.3) لكي يتكون محلول بفر دالته الحامضية (4.21) ؟ علماً ان $log1.8 = 0.26$ و $log3 = 0.47$ و $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$. ج/ 1 M

سؤال وزاري (2د/2014 – خاص):

ان كتلة هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ اللازمة لتحضير $500ml$ من محلول تركيزه (0.2 M)هي ....

علماً ان الكتلة المولية لـ $NaOH$ هي $(M = 40g/mol)$. ج/ $4g$

سؤال وزاري (3د/2014) :

اذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم ($BaCrO_4$) في محلوله المائي المشبع يساوي 1.2×10^{-5} M ما عدد مولات كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) التي يجب اضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز ايونات الباريوم 1.44×10^{-8} M ؟ ج// $0.01mol$

سؤال وزاري (3د/2014) :

احسب مقدار التغير في قيمة PH بعد اضافة $0.01mol$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك CH_3COOH وخلات الصوديوم CH_3COONa تركيز كل منهما 0.1 M علماً ان :

$K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $log1.8 = 0.26$ ، $log1.2 = 0.08$ $log3 = 0.477$ ، $log11 = 1.04$

ملاحظة مهمة: $log1.2$ تعني حاصل قسمة ($\frac{11}{9}$) . ج/ $\Delta PH = 0.08$

سؤال (2014 / تمهيدي) (2019/ت)

اذا علمت ان النسبة المئوية لتفكك 0.1 M حامض الهيدروسيانيك $HCN = 0.01\%$. فما قيمة PH المحلول عند اضافة 0.2 M سيانيد البوتاسيوم KCN اليه ؟ $log2 = 0.3$ ج/ $PH = 9.3$

سؤال (تمهيدي 2015) : (2018 /1د–خ ق/ ما تركيز $1ml$ من الحامض)

ذوبانية $PbSO_4$ في محلوله المشبع 1×10^{-4} M ، كم مليلتر من حامض الكبريتيك بتركيز 10 M يجب اضافته الى لتر من المحلول لجعل ذوبانيته 10^{-6} M . ج// 1ml

---

سؤال (تمهيدي 2015) :

نصف لتر من محلول 0.1 M HCN و 0.3 M KCN ، احسب التغير في قيمة PH عند اضافة $0.025\ mol$ من H_2SO_4 علماً ان $PK_a = 9.31$. $log3 = 0.5$ ج// $\Delta PH = -0.5$

سؤال وزاري (2015/د1) :

احسب مقدار التغير لـ PH بعد اضافة 0.01 مولاري من حامض الكبريتيك H_2SO_4 الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك CH_3COOH وخلات الصوديوم CH_3COONa ، تركيز كل منهما 0.1 مولاري علماً ان: $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$
، $log2 = 0.3$ ، $log3 = 0.477$ ، $log1.8 = 0.26$ ج/ $\Delta PH = -0.177$

سؤال وزاري (2015/د1) :

احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH لمحلول يحتوي على حامض الخليك CH_3COOH بتركيز 0.18 M وخلات الصوديوم CH_3COONa تركيزه 0.36 M ثم قارن النتيجة مع قيمة PH لحامض الخليك بتركيز 0.18 M علماً ان :
$K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $log2 = 0.3$ ، $log1.8 = 0.26$ ج/ 5.04 ، 2.74

سؤال وزاري (2015/ د 1 – خاص) (2017/ د 2 – خارج القطر ، $2ml$ ، 5 مولاري)

احسب مقدار التغير لـ PH بعد اضافة $1ml$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 10 مولاري الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك CH_3COOH وخلات الصوديوم CH_3COONa ، تركيز كل منهما 0.1 مولاري علماً ان :
PK_a للحامض تساوي 4.74 ، ، $log3 = 0.477$ ، ، $log11 = 1.04$ ، $log1.2 = 0.08$
ج/ $\Delta PH = +0.086$

سؤال وزاري(2015/د2) :

احسب مقدار التغير لـ PH بعد اضافة 0.05 M من محلول $Ba(OH)_2$ الى لتر واحد من محلول بفر مكون من 0.1 M NH_3 و 0.3 M NH_4Cl علماً ان
$K_b\,NH_3 = 2 \times 10^{-5}$ ، $log3 = 0.47$ ، $log2 = 0.3$ ، ج/ $\Delta PH = +0.47$

سؤال وزاري (2016/د1) :

احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH :

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم بتركيز (مولاري) 0.1) لكل منهما .

ب) بعد اضافة ($2ml$) من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (مولاري) 5) ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH علماً ان :
$K_b\,NH_3 = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $log1.8 = 0.26$ ، $log3 = 0.477$ ، $log11 = 1.04$
ج/ (9.26 ، 9.346 ، 0.086)

سؤال وزاري (2016/د1) :

يكون المحلول المائي لملح $NaCl$ متعادلاً وذلك لانه مشتق من ....

سؤال وزاري (2016/د1) :

اذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلوله المائي المشبع يساوي M 1.1×10^{-5} ، ما عدد مولات كلوريد الباريوم $BaCl_2$ التي يجب اضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز ايون الكرومات M 1.21×10^{-8} ؟ ج/ $0.01mol$



سؤال وزاري (3د/2016) :

يزداد تفكك HCN عند اضافة الماء اليه ويقل عند اضافة $NaCN$ ، علل ذلك ؟

سؤال وزاري (3د/2016) :

اكتب معادلات تأين حامض الكبريتوز H_2SO_3 ، اي خطوة لها ثابت تأين اكبر ؟ ولماذا ؟

سؤال وزاري (3د/2016) :

اذا كانت الذوبانية لـ AgI تساوي $0.00235\ g/L$ (كتلته المولية $235\ g/mol$) ، احسب تركيز ملح يوديد الصوديوم NaI الواجب اضافته لجعل الذوبانية المولارية تساوي ($1\times 10^{-7}\ mol/l$)

ج/ $1\times 10^{-3}\ mol/l$

سؤال وزاري (3د/2016) :

احسب مقدار التغير لـ PH بعد اضافة $2g$ من هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ $(M = 40g/mol)$ الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك CH_3COOH وخلات الصوديوم CH_3COONa تركيز كل منهما 0.2 مولاري ، علماً ان $K_a(CH_3COOH) = 1.8\times 10^{-5}$ ، $log5 = 0.7$ ، $log3 = 0.477$ ، $log1.8 = 0.26$

ج/ $\Delta PH = +0.223$

سؤال وزاري(1 د/2016 - خارج القطر)

ما قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم CH_3COONa اذا علمت ان $1L$ منه بتركيز $0.2\ M$ يحتوي على تركيز ايونات H^+ يساوي $1\times 10^{-9}\ M$ ؟ (نجد K_a ثم K_h)

ج/ 5×10^{-10}

سؤال وزاري(2 د/2016 - خارج القطر)

لتر من محلول يحتوي على $0.04\ M$ من حامض ضعيف و $0.02\ M$ من ملحه ، ما عدد مولات هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ اللازم اضافته لتصبح قيمة PH تساوي 9.3 ، $K_a = 10^{-9}$ ؟

ج/ 0.01

سؤال وزاري(2 د/2016 - خارج القطر)

لتر من محلول الامونيا بتركيز $0.05\ M$ النسبة المئوية لتفككه 2% ، احسب K_b ودرجة التأين .

سؤال وزاري: (2018/تمهيدي)

املا الفراغات: PH لملح يساوي (5) وتركيزه $0.1\ M$ فان $K(_b)$ له يساوي ....

ج/ 10^{-5}

الفصـــل الرابع

الكيمياء الكهربائية

الاستاذ حبيب الجنابـــــــي

الاستاذ حبيب الجنابـــــــي



2020


الطابعي



الكيمياء الكهربائية

تعريفها: وهي فرع من فروع علم الكيمياء تهتم بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية .

التفاعلات الكهروكيميائية: وهي تفاعلات اكسدة واختزال وهي على نوعان:

1) تفاعلات منتجة للتيار الكهربائي:

وهي التفاعلات التي تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية حيث يتم فيها التفاعل بشكل تلقائي وانبعاث طاقة بشكل تيار كهربائي .

مثال: الخلية الجافة ، وبطارية الخزن الرصاصية (نضيدة السيارة) (اي الخلايا الكلفانية او الفولتائية).

2) تفاعلات مستهلكة للتيار الكهربائي:

وهي التفاعلات التي تقوم بتحويل طاقة كهربائية الى الطاقة الكيميائية حيث يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية (التيار الكهربائي) لانجاز تفاعل كيميائي غير تلقائي.

مثال: خلايا الطلاء الكهربائي وخلايا الترسيب الكهربائي (اي الخلايا الالكتروليتية) .

عدد التأكسد: وهو عدد موجب او سالب او صفر يمثل عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة ويكتب فوق رمز العنصر .

قواعد اعداد التأكسد:

1) عدد التأكسد = صفر لاي عنصر غير متحد (عنصر حر)

مثال: $Na\ ,\ K\ ,\ Ca\ ,\ H_2\ ,\ O_2$

2) عدد التأكسد = شحنة الايون للايون احادي الذرة يساوي الشحنة على هذا الايون .

3) عدد التأكسد للهيدروجين $H = +1$.

4) عدد التأكسد للاوكسجين $O = -2$.

5) عدد التأكسد = $+1$ لعناصر الزمرة الاولى IA :

$Li\ ,\ Na\ ,\ K\ ,\ Rb\ = +1$

6) عدد التأكسد = $+2$ لعناصر الزمرة الثانية IIA :

$Ba\ ,\ Be\ ,\ Mg\ ,\ Ca\ ,\ Sr\ = +2$

7) عدد التأكسد = $+3$ لعناصر الزمرة الثالثة $IIIA$:

$B\ ,\ Al\ ,\ Ga\ ,\ In\ = +3$

8) عدد التأكسد = -1 لعناصر الزمرة السابعة (الهالوجينات) $VIIA$:

$F\ ,\ Cl\ ,\ Br\ ,\ I\ = -1$

امـــــــا اعداد التأكسد لذرات العناصر الاخرى والتي لم توجد في القواعد اعلاه فنجد اعداد التاكسد لها من القاعدتين الاتيتين:

1) القاعدة الاولى:

(مجموع اعداد التأكسد لجميع الذرات في مركب متعادل يساوي صفراً) .

2) القاعدة الثانية:

(مجموع اعداد التاكسد لجميع الذرات في ايون متعدد الذرات يساوي شحنة الايون) .

ملاحظة:

القاعدتين اعلاه تستخدم للعناصر التي لها حالات اكسدة متعددة كالعناصر الانتقالية وغيرها والتي لم تذكر في القواعد الثمانية اعلاه .



مثال 1-4

حدد اعداد تأكسد العناصر في المركبات والايونات والذرات الاتية:



SO_2 و KCl و Mg^{+2} و PO_4^{-3} و BaO و F_2

الحل:

F_2 : $F = 0$ حسب القاعدة (1) لانه عنصر حر .

BaO : $O = -2$ حسب القاعدة (4) امـــــــا
$Ba = +2$ حسب القاعدة (6) لعناصر الزمرة الثانية
او من القاعدة الاولى حيث $Ba + (-2) = 0$ ومنه $Ba = +2$

PO_4^{-3} : $O = -2$ حسب القاعدة (4) امـــــــا عدد تأكسد P فهو حسب القاعدة الثانية :
$P + (-2 \times 4) = -3 \Rightarrow P - 8 = -3 \Rightarrow P = +5$

Mg^{+2} : $Mg = +2$ حسب القاعدة (6) لعناصر الزمرة الثانية

KCl : $Cl = -1$ حسب القاعدة (8) للهالوجينات
$K = +1$ حسب القاعدة (5) لعناصر الزمرة الاولى

SO_2 : $O = -2$ حسب القاعدة (4) امـــــــا عدد تأكسد S فهو حسب القاعدة الثانية :
$S + (-2 \times 2) = 0 \Rightarrow S - 4 = 0 \Rightarrow S = +4$

تمرين 1-4

احسب عدد تأكسد العناصر المشار اليها باللون الاحمر في المركبات والايونات الاتية:



H_2SO_4 و H_2CO_3 و HPO_4^{-2} و MnO_4^- و $K_2Cr_2O_7$ و $NaIO_3$

الحل:

نجد اعداد التاكسد لجميع العناصر المشار لها من القاعدة الاولى والثانية:

$NaIO_3$: $1 + x + (-2 \times 3) = 0 \Rightarrow x - 5 = 0 \Rightarrow x = +5$

$K_2Cr_2O_7$: $1 \times 2 + 2x + (-2 \times 7) = 0 \Rightarrow 2 + 2x - 14 = 0 \Rightarrow x = +6$

MnO_4^- : $X + (-2 \times 4) = -1 \Rightarrow X - 8 = -1 \Rightarrow x = +7$

HPO_4^{-2} : $1 + x + (-2 \times 4) = -2 \Rightarrow x - 7 = -2 \Rightarrow x = +5$

H_2CO_3 : $1 \times 2 + x + (-2 \times 3) = 0 \Rightarrow 2 + x - 6 = 0 \Rightarrow x = +4$

H_2SO_4 : $1 \times 2 + x + (-2 \times 4) = 0 \Rightarrow 2 + x - 8 = 0 \Rightarrow x = +6$

تفاعلات الاكسدة والاختزال:

تعريفها: وهي احد انواع التفاعلات الكيميائية والتي تتضمن انتقال للالكترونات .

مثال: احتراق الوقود وصدأ الحديد .

التأكسد: $(Oxidation)$

وهو تغير كيميائي يصحبه فقدان في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي الى زيادة في اعداد التاكسد .

مثال:



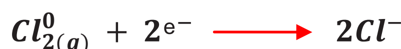
$$Na^0 \longrightarrow Na^+ + e^-$$

نلاحظ زيادة في عدد تاكسد الصوديوم من (0) وهو عدد تاكسد العنصر الحر الى (+1) وهو عدد تاكسد ايون الصوديوم .

الاختزال: *(Reduction)*

وهو عبارة عن تغير كيميائي يصحبه اكتساب ذرة او مجموعة من الذرات للالكترونات ويؤدي الى نقصان في عدد التأكسد .

مثال:



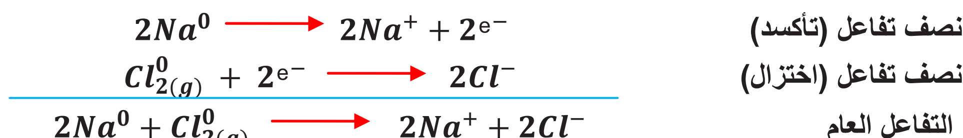
$$Cl^{0}_{2(g)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Cl^{-}$$

نلاحظ نقصان في عدد تأكسد الكلور من (0) للعنصر الحر الى (-1) وهو عدد تأكسد ايون الكلوريد .

ملاحظات:

1) لايمكن ان تحدث عملية التأكسد دون حدوث عملية اختزال دون حدوث عملية اختزال مرافقة لها ، وذلك لان المادة التي تتأكسد يجب ان تقابلها مادة تختزل ، علل ؟

2) يجب ان يكون العدد الكلي للالكترونات المفقودة بعملية التأكسد يساوي عدد الالكترونات المكتسبة بعملية الاختزال ، كما في المثال اعلاه ، حيث يضرب تفاعل اكسدة الصوديوم $2 \times$ لنحصل على



نصف تفاعل (تأكسد) $$2Na^{0} \longrightarrow 2Na^{+} + 2e^{-}$$

نصف تفاعل (اختزال) $$Cl^{0}_{2(g)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Cl^{-}$$

التفاعل العام $$2Na^{0} + Cl^{0}_{2(g)} \longrightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-}$$

3) في تفاعل الاكسدة تكون الالكترونات في طرف النواتج اي في الطرف الايمن من المعادلة ، بينما في تفاعل الاختزال تكون الالكترونات في طرف المتفاعلات اي في الطرف الايسر من المعادلة .

س/ ما هي اهمية معرفة اعداد التأكسد ؟

ج/ معرفة اعداد التاكسد تساعدنا في بسرعة في الحكم على التفاعل فيما اذا كان تفاعل اكسدة او اختزال ام غير ذلك كما في الامثلة الاتية

التفاعل الاتي لا يُعتبر تفاعل اكسدة واختزال ، علل ذلك ؟

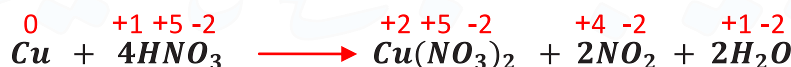
مثال1:



$$\overset{+5\ -1}{PCl_5} + \overset{+1\ -2}{H_2O} \longrightarrow \overset{+1\ +5\ -2}{H_3PO_4} + \overset{+1\ -1}{HCl}$$

وذلك لعدم حدوث تغير في اعداد التأكسد

مثال2: التفاعل الاتي:



$$\overset{0}{Cu} + \overset{+1\ +5\ -2}{4HNO_3} \longrightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_2} + \overset{+4\ -2}{2NO_2} + \overset{+1\ -2}{2H_2O}$$

يُعتبر تفاعل اكسدة واختزال بسبب تغير اعداد التأكسد لكل من النحاس والنتروجين .

مثال3:

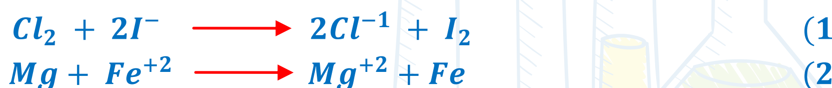


$$\overset{0}{C} + \overset{0}{2S} \longrightarrow \overset{+4\ -2}{CS_2}$$

التفاعل كذلك يعتبر اكسدة واختزال وذلك بسبب تغير اعداد التأكسد لكل من الكاربون والكبريت .

مثال 4-2

حدد الذرات التي تعاني تأكسداً وتلك التي تعاني اختزالاً في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال:



1) $$Cl_2 + 2I^{-} \longrightarrow 2Cl^{-1} + I_2$$

2) $$Mg + Fe^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Fe$$

الحل:



1) نصف تفاعل (تأكسد) $$2I^{-} \longrightarrow I_2 + 2e^{-}$$

نصف تفاعل (اختزال) $$Cl_2 + 2e^{-} \longrightarrow 2Cl^{-1}$$

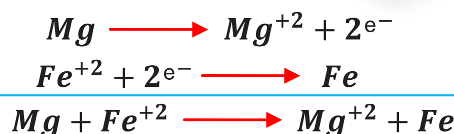
التفاعل العام $$Cl_2 + 2I^{-} \longrightarrow 2Cl^{-1} + I_2$$

فاليود عانى تأكسداً / لان عدد تأكسده زاد من من (-1) الى (صفر) .

والكلور عانى اختزالاً / لان عدد تأكسده قل من (صفر) الى (-1) .



2)



نصف تفاعل (تأكسد) $Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $Fe^{+2} + 2e^- \longrightarrow Fe$

التفاعل العام $Mg + Fe^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Fe$

المغنيسيوم عانى تأكسداً / لان عدد تأكسده زاد من (صفر) الى (+2) .

والحديد عانى اختزالاً / لان عدد تأكسده قل من (+2) الى (صفر) .

تمرين 2-4

حدد الذرات التي تعاني تأكسداً وتلك التي تعاني اختزالاً في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال :



1) $Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$



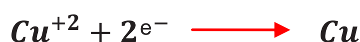
2) $Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$

الحل:

1)



نصف تفاعل (تأكسد) $Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$



نصف تفاعل (اختزال) $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$



التفاعل العام $Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$

الخارصين عانى تأكسداً / لان عدد تأكسده زاد من (صفر) الى (+2) .

والنحاس عانى اختزالاً / لان عدد تأكسده قل من (+2) الى (صفر) .

2)



نصف تفاعل (تأكسد) $Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$



نصف تفاعل (اختزال) $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$



التفاعل العام $Mg + 2H^+ \longrightarrow Mg^{+2} + H_2$

المغنيسيوم عانى تأكسداً / لان عدد تأكسده زاد من (صفر) الى (+2) .

والهيدروجين عانى اختزالاً / لان عدد تأكسده قل من (+2) الى (صفر) .

العوامل المختزلة والعوامل المؤكسدة

العامل المختزل: هو المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة اخرى ، اي تفقد الالكترونات ويزداد عدد تأكسدها .

العامل المؤكسد: هو المادة التي تُختزل وتسبب تأكسداً لمادة اخرى ، اي تكتسب الالكترونات ويقل عدد تأكسدها .

مثال:



$$Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

النحاس Cu/ هو العامل المختزل لانه تأكسد والذرة الواحدة منه فقدت الكترونين وزاد عدد التأكسد من 0 الى +2 .

حامض النتريك HNO_3/ هو العامل المؤكسد حيث ذرة النتروجين N اكتسبت الكتروناً واحداً وقل عدد التأكسد من +5 الى +4.

مثال 3-4

حدد العامل المختزل والعامل المؤكسد في كل من التفاعلات الاتية :

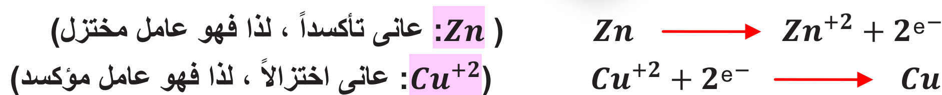


1) $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$



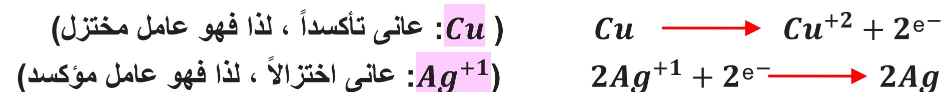
2) $Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

الحل:

1) 

$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ (Zn: عانى تأكسداً ، لذا فهو عامل مختزل)

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ (Cu^{+2}: عانى اختزالاً ، لذا فهو عامل مؤكسد)

2) 

$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ (Cu: عانى تأكسداً ، لذا فهو عامل مختزل)

$2Ag^{+1} + 2e^- \longrightarrow 2Ag$ (Ag^{+1}: عانى اختزالاً ، لذا فهو عامل مؤكسد)

تمرين 3-4

حدد العامل المختزل والعامل المؤكسد في كل من التفاعلات الاتية :

1) 

$2C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$

2) 

$Mg_{(S)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow MgCl_{2(S)}$

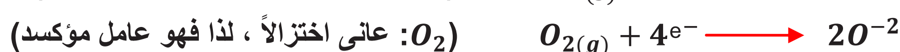
3) 

$Mg_{(S)} + Fe^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(S)}$

الحل:

1) 

$2C_{(S)} \longrightarrow 2C^{+2} + 4e^-$ (C: عانى تأكسداً ، لذا فهو عامل مختزل)



$O_{2(g)} + 4e^- \longrightarrow 2O^{-2}$ (O_2: عانى اختزالاً ، لذا فهو عامل مؤكسد)

2) 

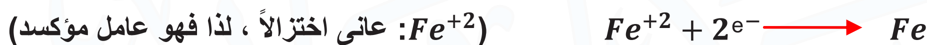
$Mg_{(S)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (Mg: عانى تأكسداً ، لذا فهو عامل مختزل)



$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^{-1}$ (Cl_2: عانى اختزالاً ، لذا فهو عامل مؤكسد)

3) 

$Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ (Mg: عانى تأكسداً ، لذا فهو عامل مختزل)



$Fe^{+2} + 2e^- \longrightarrow Fe$ (Fe^{+2}: عانى اختزالاً ، لذا فهو عامل مؤكسد)

الخلايا الكهروكيميائية

تعريفها: وهي الخلايا التي تتكون من قطبين وهما قطب الانود الموجب وقطب الكاثود السالب ويكون كلا القطبين مغمورين في محلول الكتروليتي تشترك مكوناته في تفاعلات الاكسدة والاختزال .

مكوناتها:

1) **الانود:** وهو القطب الذي تجري عنده عملية التأكسد والذي يكون مصدراً للالكترونات وهو القطب الموجب .

2) **الكاثود:** وهو القطب الذي تجري عنده عملية الاختزال والذي يكتسب الالكترونات وهو القطب السالب .

انواعها:

1) الخلايا الكلفانية او الفولتائية

2) الخلايا الالكتروليتية ، وسوف نتناول كل واحدة منهما بالتفصيل .



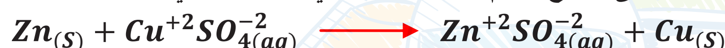
---

1) الخلايا الكلفانية او الفولتائية:

تعريفها: وهي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائياً (اي ΔG سالبة) لتوليد تيار كهربائي مثال خلية دانيال . (تمهيدي 2014) (2016 / د 2 خارج القطر)

خلية كلفانية بدائية بسيطة:

عند غمر لوح الخارصين في محلول كبريتات النحاس الزرقاء ، فأن لوح الخارصين يبدأ بالتأكل والاضمحلال ويصاحب ذلك زيادة في تركيز ايونات الخارصين ، وفي نفس الوقت يبدأ النحاس بالترسب في قعر الاناء ويبدأ اللون الازرق للمحلول بالاضمحلال نتيجة لنقصان تركيز ايونات النحاس في المحلول حتى يصبح عديم اللون ، كما في التفاعل الاتي:



$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}SO^{-2}_{4(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}SO^{-2}_{4(aq)} + Cu_{(S)}$$

ونلاحظ ان ايونات الكبريتات SO_4^{-2} لم تعان تغيراً في عدد تأكسدها (اي انها لم تشترك في التفاعل) لذا يمكن كتابة التفاعل اعلاه كالاتي:



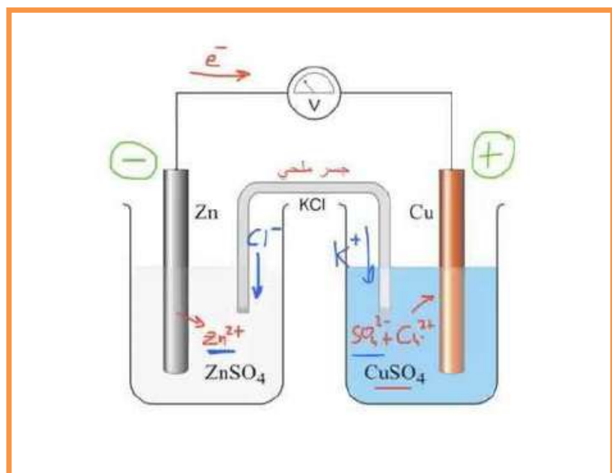
$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

خلية دانيال:

وهي خلية فولتائية تعمل على تحويل التفاعل الكيميائي الى تيار كهربائي وتعمل الخلية بصورة تلقائية (ΔG سالبة) وتتكون من قطب الخارصين انوداً وقطب النحاس كاثوداً .

قطب العنصر: وهو ذلك العنصر المغمور في محلول ايوناته او في حالة تماس مع محلول ايوناته .

رسم الخلية:



مكوناتها:

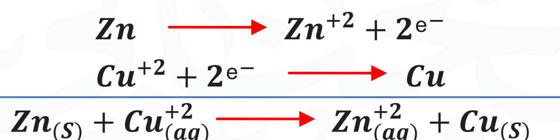
1) قطب الخارصين مغمور في محلول كبريتات الخارصين
2) قطب النحاس مغمور في محلول كبريتات النحاس
3) سلك خارجي مع فولتميتر(مقياس لفرق الجهد)
4) جسر ملحي

عمل الخلية:

يبدأ قطب الخارصين (الانود الموجب) بالاكسدة (الذوبان) فتتحول ذرات الخارصين Zn الى ايونات Zn^{+2} وتنتقل الالكترونات عبر السلك الخارجي الى قطب النحاس (الكاثود السالب) فتتحول ايونات النحاس Cu^{+2} الى ذرات Cu حيث يترسب النحاس على لوح النحاس وتسبب هذه العملية سريان التيار الكهربائي في الخلية (قراءة الفولتميتر) اي الخلية منتجة للتيار الكهربائي وبصورة تلقائية .

المعادلات:

تفاعل نصف الخلية / قطب Zn (الانود)(تأكسد)
تفاعل نصف الخلية / قطب Cu (الانود)(اختزال)



$$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$$
$$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$$
$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

الجسر الملحي: (2د/2013) (3د/ 2017) (1 د/ 2017 خارج القطر) (2019/ت)

تعريفه: وهو عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرفU مقلوب يحتوي على محلول الكتروليتي لايتغير كيميائياً اثناء العملية يُثبت بداخل الانبوب بمادة الاكار (وهي مادة صمغية) ومن المحاليل الالكتروليتية المستعملة لملئ الجسر الملحي هي KCl ، KNO_3 ، K_2SO_4 .

اهميته: (3د/2018 – ما فائدة)

1) ايصال الدائرة الكهربائية .
2) نقل الايونات:

حيث تنتقل الايونات السالبة (Cl^{-1} مثلاً) من الجسر الملحي الى القطب الموجب الانود (نتيجة للزيادة الحاصلة في عدد الشحنات الموجبة في المحلول) بينما تنتقل الايونات الموجبة (K^+) بأتجاه القطب السالب الكاثود (بسبب نقصان عدد الايونات الموجبة) .

س/ متى يتوقف تفاعل الخلية ؟

ج/ 1) استهلاك لوح الخارصين (الانود) بشكل تام .
2) نفاذ تركيز ايونات النحاس (الكاثود) .

ملاحظات

1) قطب الانود يتأكسد ـ يتأكل ـ يذوب ـ يقل سمكه بأستمرار .
2) قطب الكاثود يُختزل ـ يترسب ـ يزداد سمكه .
3) في الخلايا الكلفانية يكون الانود على اليسار والكاثود على اليمين .
4) الجسر الملحي يمثل الدائرة الداخلية ويقوم بنقل الايونات .
5) السلك الخارجي يمثل الدائرة الخارجية ويقوم بنقل الالكترونات من قطب الانود الى قطب الكاثود .

مثال 4-4

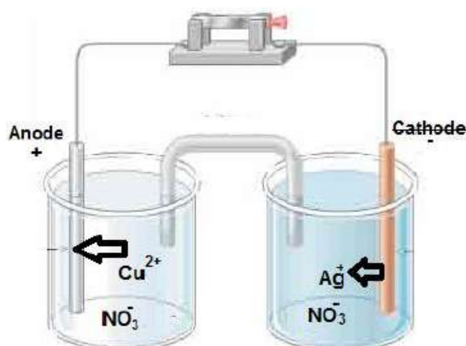
اذا علمت ان التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل ادناه:



$Cu_{(S)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$

1) اكتب تفاعلات نصفي الخلية .

2) وضح اتجاه سريان الالكترونات عبر السلك الخارجي واتجاه حركة الايونات عبر الجسر الملحي المملوء بمحلول KNO_3 .

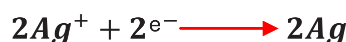


الحل:

(1



نصف تفاعل التأكسد / الانود $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$



نصف تفاعل الاختزال / الكاثود $2Ag^{+} + 2e^{-} \longrightarrow 2Ag$

2) تسري الالكترونات عبر السلك الخارجي منطلقة من الانود (قطب النحاس) بأتجاه الكاثود (قطب الفضة) . بينما تتحرك الايونات الموجبة (K^{+}) عبر الجسر الملحي بأتجاه القطب السالب الكاثود والايونات السالبة (NO_3^{-}) بأتجاه القطب الموجب الانود .

جهد الخلية الكلفانية :

س/ لماذا يسري التيار الكهربائي (الالكترونات) في الخلايا الكلفانية من الانود الى الكاثود ، علل ذلك ؟

ج/ بسبب الفرق بين الجهد الكهربائي للقطبين .

توضيح: اي سريان التيار الكهربائي مشابه لسقوط الماء من الشلال بتاثير الطاقة الكامنة التي يمتلكها الماء ، او سريان الغاز من منطقة ضغط عالٍ الى منطقة ضغط واطئ .

جهد القطب: هو فرق الجهد الحاصل بين لوح العنصر ومحلول ايوناته . (2013/د1- خارج العراق)

وهو على نوعين:

1) جهد التاكسد (E_{OX}): مقدار ميل المادة نحو فقدان الالكترونات .

2) جهد الاختزال(E_{Red}): مقدار ميل المادة نحو اكتساب الالكترونات .

جهد الخلية (E_{Ceel}):

هو اكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الكلفانية وهو مقياس للقوة الدافعة الكهربائية الحاصلة في الخلية ويقاس بالفولت (V) .

القوة الدافعة الكهربائية:

وهي مصطلح اخر شائع لجهد الخلية ويرمز لها بالرمز emf وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة .

قياس جهد الخلية (E_{Ceel}):

يرمز لجهد الخلية بالظروف القياسية بـ E^{o}_{cell} ويحسب كالاتي:

1) من العلاقة الاتية:

$$E^{o}_{cell} = E^{o}_{ox} + E^{o}_{red}$$

او



$$E^{o}_{cell} = E^{o}_{anode} + E^{o}_{cathode}$$

2) من مقياس الجهد او الفولتميتر .

س/ ماهي الظروف القياسية ؟

ج/ 1) درجة الحرارة هي $25C^{o}$ 2) ضغط $1\ atm$ (في القطب الغازي) 3) التراكيز المولارية للايونات لمحاليل القطبين 1 M .

س/ ماهي العوامل المؤثرة على جهد الخلية ؟

ج/ 1) طبيعة الاقطاب والايونات 2) تراكيز الايونات (لاحظ معادلة نيرنست) 3) درجة الحرارة

قياس جهود الاقطاب:

لقياس جهد الخلية القياسي يتطلب قياس جهود الاقطاب اولاً وفي الظروف القياسية ، ويتم ذلك بربط القطب المراد قياس جهده مع قطب مرجع وهو قطب الهيدروجين القياسي ، لانه لا يمكن قياس جهد القطب لوحده حيث ان الخلية يجب ان تتكون من قطبين .

قطب الهيدروجين القياسي(SHE):

تعريفه: وهو قطب مرجع ذو جهد قياسي معلوم يستخدم لقياس جهود اقطاب العناصر الاخرى ويتكون من انبوبة زجاجية يضخ فيها غاز الهيدروجين بضغط $1\ atm$ وفي حالة تماس مع محلول يحتوي على ايونات (H^+) مثل محلول حامض HCl ويكون تركيزه 1 M وعند درجة حرارة $25C^o$. (2016 /د 2 - خ ق- اهميته)

س/ اختيار قطب الهيدروجين القياسي كقطب مرجع ، علل ذلك ؟ (2015/د1)(2016/د2) (2017/د 1-خ ق)(2017/د 2-خ ق)

ج/ لانه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر فيمكن استخدامه كقطب انود او كاثود .

س/ استخدام عنصر البلاتين Pt في صناعة الاقطاب الغازية ، علل ذلك ؟ . (2014/د3) (2016/ت) (2018/د1) (2018/د 2)

ج/ لانه مادة خاملة لاتعاني تأكسداً ولا اختزالاً تحت الظروف التي يستخدم بها. (2017/د2)(2016 /د1-خ ق)(2017/د1 - موصل)



س/ ما هي اهمية البلاتين Pt في صناعة قطب الهيدروجين ؟ (2015/د2)

ج/ 1) سلك Pt : توفير وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الكهربائية .

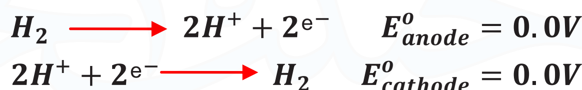
2) قطعة البلاتين الخشنة المغطاة بالبلاتين الاسود:

توفير سطح للقطب يمكن تفكك جزيئات الهيدروجين عليه

ملاحظة:

1) قيمة جهد قطب الهيدروجين القياسي تساوي صفر فولت ($E^o_{H_2} = 0.0\ V$) .

2) ان تفاعل قطب H_2 يمكن ان يكون انود او كاثود:



$$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^- \qquad E^o_{anode} = 0.0V$$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2 \qquad E^o_{cathode} = 0.0V$$

قياس جهود الاقطاب القياسية:

يتم قياس جهود الاقطاب القياسية للعناصر وذلك بربط القطب المراد قياس جهده مع قطب الهيدروجين القياسي (SHE) ، وبما جهد قطب الهيدروجين القياسي يساوي صفر لذا فأن جهد القطب المجهول يساوي جهد الخلية اي : E^o للقطب المجهول $= E^o_{cell}$

وتتم معرفة جهد الخلية E^o_{cell} من خلال قراءة الفولتميتر ، وعلى هذا الاساس يتم قياس جهود الاختزال القياسية لاقطاب جميع العناصر ومن ثم ترتيب هذه الجهود في جدول يعرف باسم جدول جهود الاختزال القياسية .

توضيح: مثال ذلك لقياس جهد الاختزال القياسي لقطب الخارصين ، نقوم بربط قطب الخارصين مع قطب (SHE) فتكون قيمة جهد الخلية E^o_{cell} تساوي ($+0.763\ V$) وذلك من خلال قراءة الفولتميتر اي

بما ان $E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode}$

لذلك فأن: $0.763\ V = E^o_{anode} + 0.0\ V$

اي ان



H_2 gas at 1atm

جهد التاكسد القياسي للخارصين يساوي $+0.763\ V$

وان جهد الاختزال القياسي له يساوي $-0.763\ V$

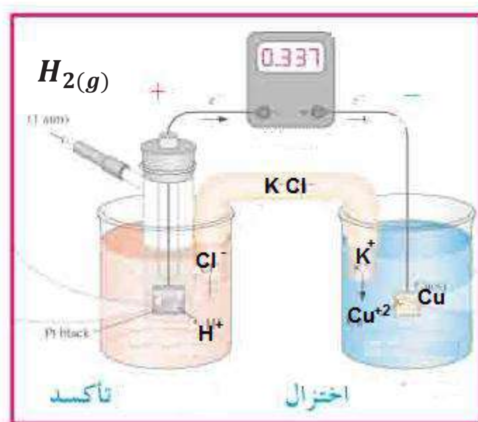
(اي بعكس الاشارة) وكما موضحة بالشكل الاتي:

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر



تمرين 4-4

للخلية الموضحة في الشكل ادناه
المكونة من قطب الهيدروجين كأنود وقطب النحاس ككاثود ،
احسب الجهد القياسي لقطب النحاس ، اذا علمت ان جهد
الخلية القياسي الذي تمت قراءته في مقياس الجهد
يساوي $+0.337\ V$.



الحل:

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode}$$
$$+0.337\ V = 0.0\ V + E^o_{cathode}$$
اي ان $E^o_{cathode} = +0.337\ V$
وهو جهد الاختزال القياسي للنحاس .

ملاحظة

وبعد ان تم قياس جهود الاختزال القياسية لكل من عنصر الخارصين والنحاس سوف نجد بنفس الطريقة جهود الاختزال لباقي العناصر ونرتب الجهود في جدول يسمى بجدول جهود الاختزال القياسية (عرف ؟) .

جدول جهود الاختزال القياسية: (جهود العناصر معبراً عنها بوحدة الفولت(V) مقاساً عند درجة حرارة $25C^o$ وتراكيز 1 M) .

التفاعل	الجهد
$F_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2F^-_{(aq)}$	$+2.87V$
$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(S)}$	$+1.50V$
$Cl_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	$+1.36V$
$Br_{2(l)} + 2e^- \longrightarrow 2Br^-_{(aq)}$	$+1.07V$
$Hg^{+2}_{2(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Hg_{(l)}$	$+0.85V$
$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(S)}$	$+0.80V$
$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \longrightarrow Fe^{+2}_{(aq)}$	$+0.77V$
$I_{2(l)} + 2e^- \longrightarrow 2I^-_{(aq)}$	$+1.07V$
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)}$	$+0.34V$
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$	$+0.00V$
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(S)}$	$-0.13V$
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(S)}$	$-0.14V$
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Ni_{(S)}$	$-0.25V$
$Co^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Co_{(S)}$	$-0.28V$
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd_{(S)}$	$-0.40V$
$Cr^{+3}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Cr_{(S)}$	$-0.74V$
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(S)}$	$-0.76V$
$Al^{+3}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Al_{(S)}$	$-1.66V$
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(S)}$	$-2.37V$
$Na^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Na_{(S)}$	$-2.71V$
$Li^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Li_{(S)}$	$-3.05V$

تزداد القوة كعامل مؤكسد



ملاحظات حول جدول جهود جهود الاختزال القياسية:

1) قيم الجهود القياسية للاقطاب في الجدول تمثل جهود الاختزال القياسية لها .

2) تقل جهود الاختزال القياسية كلما اتجهنا الى الاسفل اي ان جهد اختزال الفلور هو الاعلى وجهد اختزال الليثيوم هو الاوطأ:

$$F_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2F^-_{(aq)} \qquad E^o_{cathode} = +2.87\ V$$

$$Li^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Li_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -3.04\ V$$

3) الجهد القياسي لاي خلية يشكل احد اقطابها قطب الهيدروجين القياسي SHE يساوي الجهد القياسي لقطب العنصر القياسي المربوط مع قطب الهيدروجين القياسي اي : $E^o_{cell} = E^o_{للقطب}$ وكما مر سابقاً .

4) جهد تأكسد اي قطب يساوي جهد اختزاله ولكن بعكس الاشارة مثال: (لاحظ س28 اسئلة الفصل)

$$Li^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Li_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -3.04\ V$$

$$Li_{(S)} \longrightarrow Li^+_{(aq)} + e^- \qquad E^o_{anode} = +3.04\ V$$

حساب جهد الخلية القياسي E^o_{cell} :

ولحسب جهد الخلية يجب مراعاة الملاحظات الاتية:

1) يتم اختيار قطب الانود للعنصر الذي يمتلك اقل جهد اختزال قياسي (بعد عكس الاشارة لان الانود له جهد تأكسد)
يتم اختيار قطب الكاثود للعنصر الذي يمتلك اعلى جهد اختزال قياسي (وتبقى الاشارة كما هي للجهد)

2) يجب ان يكون عدد الالكترونات المفقودة على الانود (عملية تأكسد) يساوي عدد الالكترونات المكتسبة على الكاثود(عملية اختزال) ، وفي حالة كونها غير متساوية فيجب مساواتها حتى يتم حذفها من طرفي تفاعلات نصفي الخلية وعدم ظهورها في التفاعل العام .

3) عند ضرب طرفي معادلات الاقطاب بعدد معين ، فان قيمة جهد القطب القياسي تبقى ثابتة لا تتغير ، **علل ذلك ؟** (د2-2014/ خاص) وذلك لان الجهد من الخواص المركزة والتي لاتعتمد على كمية المادة المشتركة في التفاعل انما يعتمد على التركيز المولاري لايونات محلول القطب . (راجع الخواص المركزة الفصل 1 ، وراجع العوامل المؤثرة على جهد الخلية كما مر انفاً ومعادلة نيرنست لاحقاً ، فعلى سبيل المثال:



$$I_{2(l)} + 2e^- \longrightarrow 2I^-_{(aq)} \qquad E^o_{I_2/I^-} = 0.53\ V$$

$$2I_{2(l)} + 4e^- \longrightarrow 4I^-_{(aq)} \qquad E^o_{I_2/I^-} = 0.53\ V$$

4) تفاعلات نصفي الخلية هي تفاعلات انعكاسية ، حيث يمكن لاي قطب ان يعمل كأنود او كاثود اعتماداً على قيم جهود الاختزال القياسية

5) لحساب قيمة جهد الخلية القياسي E^o_{cell} نكتب تفاعلات نصفي الخلية بحيث الانود ثم الكاثود ثم نستخدم العلاقة الاتية:

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode}$$

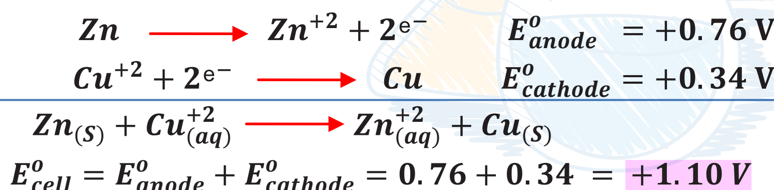
6) اذا كانت قيمة جهد الخلية القياسي موجبة $(E^o_{cell} = +)$ فالتفاعل تلقائي والربط صحيح ،
اذا كانت قيمة جهد الخلية القياسي سالبة$(E^o_{cell} = -)$ فالتفاعل غير تلقائي والربط غير صحيح ويمكن تحويله الى تلقائي بعكس الاقطاب

7) نختار قطب الانود والكاثود بالاعتماد على قيم الجهود (النقطة 1) وذلك في حالة لم يعطي معادلة ً او تعبيراً ، اما اذا اعطى في السؤال معادلة التفاعل العامة او التعبير (او الاناء) فلا نعتمد على قيم جهود الاختزال القياسية في الاختيار (تمرين 4-6 و تمرين 4-8) .

مثال 4-5 اكتب تفاعلات نصفي خلية دانيال واحسب جهد الخلية القياسي ، اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$ و $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$

الحل:



$$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.76\ V$$

$$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu \qquad E^o_{cathode} = +0.34\ V$$

$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.76 + 0.34 = +1.10\ V$$

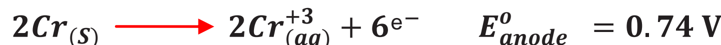
تمرين 4-5

احسب جهد الخلية القياسي لخلية تم عملها من قطب الكادميوم Cd المغمور في محلول 1 M من نترات الكادميوم وقطب الكروم Cr المغمور في محلول 1 M من نترات الكروم . اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية :

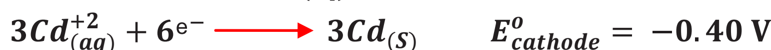
$$E^o_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40\ V \quad و \quad E^o_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74\ V$$

الحل:

نختار قطب الكروم انوداً لان جهد اختزاله الاقل قيمة وقطب الكادميوم كاثوداً لان جهد اختزاله الاكثر قيمة :



$$2Cr_{(S)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^o_{anode} = 0.74\ V$$



$$3Cd^{+2}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 3Cd_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -0.40\ V$$



$$2Cr_{(S)} + 3Cd^{+2}_{(aq)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 3Cd_{(S)}$$

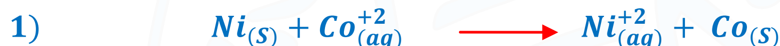
$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.74 + (-0.40) = +0.34\ V$$

تمرين 4-6

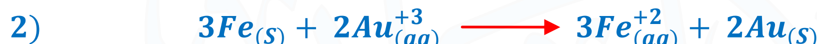
هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات التالية تحت الظروف القياسية بشكل تلقائي ، اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية :

$$E^o_{Co^{2+}/Co} = -0.28V \quad و \quad E^o_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$$

$$E^o_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44\ V \quad و \quad E^o_{Au^{3+}/Au} = +1.50\ V$$



1) $Ni_{(S)} + Co^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + Co_{(S)}$



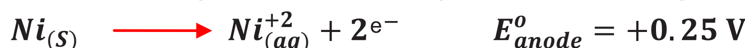
2) $3Fe_{(S)} + 2Au^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Fe^{+2}_{(aq)} + 2Au_{(S)}$

الحل:

ملاحظة مهمة: (عندما يعطي في السؤال معادلة كيميائية فنختار الانود والكاثود من المعادلة وليس على قيم جهود الاختزال القياسية ، حيث المادة التي تتأكسد هي انوداً والمادة التي تختزل كاثوداً) .

التفاعل الاول:

النيكل هوالانود (زيادة في عدد التأكسد) والكوبلت هو الكاثود (نقصان في عدد التأكسد) :



$$Ni_{(S)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.25\ V$$



$$Co^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Co_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -0.28V$$



$$Ni_{(S)} + Co^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + Co_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.25 + (-0.28) = -0.03\ V$$

التفاعل غير تلقائي لان قيمة جهد الخلية سالبة .



التفاعل الثاني:

الحديد هوالانود (زيادة في عدد التأكسد) والذهب هو الكاثود (نقصان في عدد التأكسد) :



$$3Fe_{(S)} \longrightarrow 3Fe^{+2}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^o_{anode} = +0.44\ V$$



$$2Au^{+3}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 2Au_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +1.50\ V$$



$$3Fe_{(S)} + 2Au^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Fe^{+2}_{(aq)} + 2Au_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.44 + 1.50 = +1.94\ V$$

التفاعل تلقائي لان قيمة جهد الخلية موجبة.

انواع الاقطاب:

1) قطب الفلز / ايون الفلز (القطب الفلزي):

وهو القطب الذي يتكون من غمر لوح الفلز في محلول ايوناته ، **مثال:**

قطب الخارصين (Zn/ Zn^{+2}) ، قطب النحاس (Cu/ Cu^{+2})





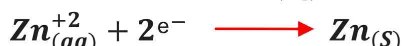
ويمكن ان يكون الخارصين انوداً او كاثوداً وذلك يعتمد على قيمة جهود الاختزال لقطب الخارصين والقطب الثاني المربوط معه ،

الخارصين عندما يكون انوداً



$$Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$$

الخارصين عندما يكون كاثوداً



$$Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(S)}$$

وكذلك الحال لقطب النحاس .

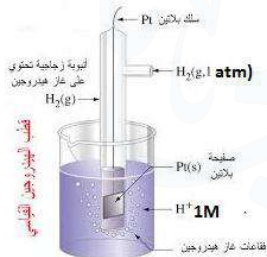
---

2) القطب الغازي:

وهو القطب الذي يتكون من انبوبة زجاجية يضخ فيها غاز بضغط معين داخل محلول يحتوي على ايونات ذلك الغاز ، **مثال:**

قطب الهيدروجين القياسي SHE (او غير القياسي) : حيث يضخ غاز H_2 في محلول حامض HCl

ويمكن ان يكون قطب الهيدروجين انوداً او كاثوداً وذلك يعتمد على قيمة جهود الاختزال لقطب الهيدروجين والقطب الثاني المربوط معه ،



الهيدروجين عندما يكون انوداً



$$H_{2(g)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$$

الهيدروجين عندما يكون كاثوداً



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$$

كمثال اخر وقطب الكلور : ويتكون من انبوبة زجاجية يضخ فيها غاز Cl_2 في محلول يحتوي على ايون Cl^{-1} مثال محلول حامض HCl او محلول كلوريد الصوديوم $NaCl$.

---

3) اقطاب التأكسد والاختزال (القطب الايوني):

وهو القطب الذي يتكون من غمر سلك من البلاتين Pt او عمود من الكرافيت في محلول يحتوي على ايونات عنصر له حالتي تأكسد مختلفتين ، **مثال:**

غمر سلك من البلاتين في محلول يحتوي على ايونات Fe^{+2} و Fe^{+3}

تفاعل الانود



$$Fe^{+2} \longrightarrow Fe^{+3} + e^-$$

تفاعل الكاثود



$$Fe^{+3} + e^- \longrightarrow Fe^{+2}$$

اي ان كلا الايونين موجودين في نفس المحلول

ومثال اخر محلول يحتوي على ايونات Sn^{+2} و Sn^{+4} .

ملاحظة: نستخدم سلك البلاتين في القطب الايوني ايضاً كسطح موصل للتيار الكهربائي ، اي ان سلك البلاتين يستخدم في الاقطاب الايونية والغازية وهذا له علاقة في التعبير عن الاقطاب او الخلية .

التعبير عن الخلية الكلفانية كتابة:

للتعبير عن الخلية (طريقة الترميز) لابد من معرفة التعبير عن القطب اولاً وكالاتي:

1) القطب الفلزي:

مثال قطب الخارصين ، حيث الرموز كالاتي:

- التعبير عن الانود

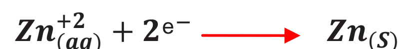
رمز الفلز | (التركيز المولاري)(رمز ايون الفلز)



$Zn \mid Zn^{+2}(1\ M)$

- التعبير عن الكاثود

(التركيز المولاري)(رمز ايون الفلز) | رمز الفلز



$Zn^{+2}(1\ M) \mid Zn$

2) القطب الغازي:

مثال قطب الهيدروجين :

- التعبير عن الانود

Pt | (ضغط الغاز) رمز الغاز | (التركيز المولاري)(رمز ايون الغاز)



$Pt \mid H_2\ (1\ atm) \mid H^+\ (1\ M)$

- التعبير عن الكاثود

(التركيز المولاري) رمز ايون الغاز | (ضغط الغاز) رمز الغاز | Pt



$H^+\ (1\ M) \mid H_2\ (1\ atm) \mid Pt$

3) القطب الايوني:

مثال محلول يحتوي على ايونات Fe^{+2} و Fe^{+3} :

- التعبير عن الانود

Pt | (المولارية) رمز الايون الاصغر و (المولارية) رمز الايون الاكبر



$Pt \mid Fe^{+2}(1\ M)$ و $Fe^{+3}(1\ M)$

- التعبير عن الكاثود

(المولارية) رمز الايون الاكبر و (المولارية) رمز الايون الاصغر | Pt



$Fe^{+3}(1\ M)$ و $Fe^{+2}(1\ M) \mid Pt$

ملاحظات:

1) تم اعتبار الاقطاب اعلاه في ظروفها القياسية ، وعندما تكون غير قياسية تذكر ظروف التفاعل (اي التراكيز لا تساوي 1 M) .
2) الخط العمودي | هو حد الطور اي الخط الفاصل بين طورين مختلفين .
3) الخطان العموديان || في الوسط يمثلان الجسر الملحي في الخلية .
4) نكتب عنصر Pt في الاقطاب الغازية والاقطاب الايونية ولايكتب في القطب الفلزي .
5) الطور الفلزي والغازي يكون في طرف التعبير اما المحلول المائي فيكون مجاور للجسر الملحي
6) يعبر عن الخلية بالشكل الاتي: تفاعل التأكسد عند الانود || تفاعل الاختزال عند الكاثود



س/ عبر عن خلية دانيال كتابة ؟

ج/ خلية دانيال تتكون من قطب الخارصين انوداً وقطب النحاس كاثوداً كما سبق شرحه ، والتفاعل العام هو :



$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

ويعبر عنها كالاتي :

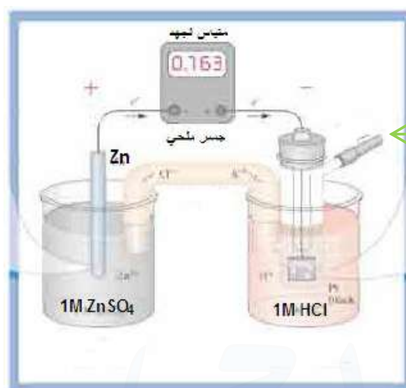


$$Zn \,|\, Zn^{+2}(1\text{ M}) \,||\, Cu^{+2}(1\text{ M}) \,|\, Cu$$

ملاحظة: قطبي الخلية كلاهما قطب فلزي لذلك لا يكتب عنصر Pt .

مثال 4-6

عبر عن الخلية الموضح شكلها في الرسم المجاور كتابة ثم اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام .



H_2 gas at 1atm

الحل:

للتعبير عن الخلية كتابةً يجب كتابة تفاعلات الانصاف والتفاعل العام للخلية:

تفاعل التأكسد عند الانود



$$Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$$

تفاعل الاختزال عند الكاثود



$$2H^{+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$$

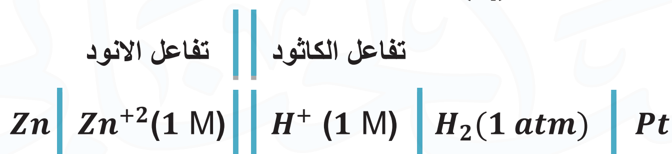
التفاعل العام للخلية



$$Zn_{(S)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

التعبير عن الخلية هو:

تفاعل الكاثود || تفاعل الانود

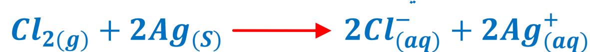


$$Zn \,|\, Zn^{+2}(1\text{ M}) \,||\, H^{+}\,(1\text{ M}) \,|\, H_2(1\,atm) \,|\, Pt$$

ملاحظة: قطبي الخلية الانود فلزي والكاثود غازي .

تمرين 4-7

التفاعل العام لخلية كلفانية هو الاتي:



$$Cl_{2(g)} + 2Ag_{(S)} \longrightarrow 2Cl^{-}_{(aq)} + 2Ag^{+}_{(aq)}$$

عبر عن الخلية كتابةً عند الظروف القياسية ثم بين تفاعلي التأكسد والاختزال .

الحل:

تفاعل التأكسد عند الانود



$$2Ag_{(S)} \longrightarrow 2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^-$$

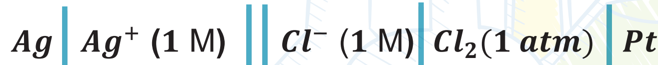
تفاعل الاختزال عند الكاثود



$$Cl_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Cl^{-}_{(aq)}$$

التعبير عن الخلية هو

تفاعل الكاثود || تفاعل الانود



$$Ag \,|\, Ag^{+}\,(1\text{ M}) \,||\, Cl^{-}\,(1\text{ M}) \,|\, Cl_2(1\,atm) \,|\, Pt$$



ملاحظة:

1) قطبي الخلية الانود فلزي والكاثود غازي .

2) اذا اعطى في السؤال معادلة يمكن كتابة التعبير كما في التمرين اعلاه او العكس يعطي التعبير ومنه نكتب المعادلة وتفاعلات الانصاف كما في التمرين ادناه .

تمرين 4-8

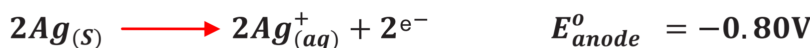
هل بأمكان محلول HCl اذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي على ايون الفضة Ag^+ بتركيز (1 M) للخلية التالية ، علماً بأن جهد الاختزال القياسي للفضة $E^o_{Ag^+/Ag} = 0.80V$ (يقصد بذوبان الفلز في المحلول هو حدوث التفاعل بشكل تلقائي) .

$$Pt \mid H_2(1\ atm) \mid H^+\ (1\ M) \parallel Ag^+\ (1\ M) \mid Ag$$

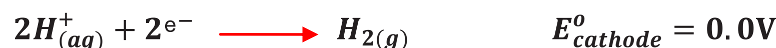
(2د/2014 - خاص)

الحل:

نكتب تفاعلي الانود والكاثود (الانصاف) من التعبير ثم نجد E^o_{cell} فاذا كانت موجبة فالتفاعل تلقائي ويحصل ذوبان ، واذا كانت سالبة فالتفاعل غير تلقائي ولايحصل ذوبان .



$$2Ag_{(S)} \longrightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = -0.80V$$



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} \qquad E^o_{cathode} = 0.0V$$



$$2Ag_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Ag^+_{(aq)} + H_{2(g)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = -0.80 + 0.0 = -0.80\ V$$

بما ان قيمة جهد الخلية سالبة لذا فالتفاعل غير تلقائي ولا يحصل ذوبان ، اي الحامض لا يذيب فلز الفضة .

العلاقة بين جهد الخلية E^o_{cell} الطاقة الحرة ΔG^o وثابت الاتزان Keq :

كما عرفنا سابقاً ان الخلايا الكلفانية تحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية ، والان كيف نحسب مقدار هذه الطاقة الكهربائية الناتجة ؟

الطاقة الكهربائية (J) = جهد الخلية (V) × الشحنة الكلية (C)

$$1J = 1V \times 1C$$

وتحسب الشحنة الكلية المارة بالخلية كالاتي:

الشحنة الكلية = nF حيث:

n = عدد مولات الالكترونات (اي عدد e^- المفقودة اة المكتسبة)

F = (الفاراداي) وهو شحنة المول الواحد من الالكترونات (عرف) ويحسب كالاتي:

F = شحنة الالكترون e^- × عدد افوغادرو N_A اي

$$F = e^-\ (C) \times N_A(mol^{-1})$$

$$F = 1.6 \times 10^{-19}(C) \times 6.023 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$F \cong 96500\ C/mol$$

بما ان الطاقة الكهربائية (J) = جهد الخلية (V) × الشحنة الكلية (C)

لذا فأن الطاقة الكهربائية $(J) = nFE^o_{cell}$

بما ان الطاقة الكهربائية الناتجة من الخلايا الكلفانية (nFE^o_{cell}) هي عكس اشارة طاقة كبس الحرة القياسية (ΔG^o) اي ان :

$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell} \qquad \text{.................... (1)}$$ في الظروف القياسية

$$\Delta G = -nFE_{cell} \qquad \text{.................... (2)}$$ في الظروف غير القياسية

وفي الفصل الثاني عرفنا العلاقة الاتية:

$$\Delta G^o = -RTlnK_{eq} \qquad \text{.................... (3)}$$

وبربط المعادلتين (1) و (3) ينتج :

$$-nFE^o_{cell} = -RTlnK_{eq}$$ وبترتيب المعادلة ينتج :

$$E^o_{cell} = \frac{RT}{nF} lnK_{eq}$$



وبما ان T في الظروف القياسية تساوي $298\,K$ ، وقيمة R تساوي $8.314 = J/K.mol$ اي بوحدات الطاقة ،
وقيمة $F = 96500C/mol$ ومنه ينتج :

$$E^o_{cell} = \frac{8.314\,J/K.mol \times 298\,K}{n \times 96500\,C/mol} lnK_{eq}$$

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq} \quad \text{.............................} \quad (4)$$

ملاحظات:

1) المعادلة رقم (1) تبين العلاقة بين جهد الخلية القياسي والطاقة الحرة القياسية ويتضح منها لكي يكون التفاعل تلقائي يجب ان تكون ΔG^o سالبة ولكي تصبح سالبة يجب ان يكون E^o_{cell} موجباً ، والعكس صحيح ، وكذلك الحال بالنسبة للمعادلة رقم (2) ولكن في الظروف غير القياسية .
2) المعادلات الاربعة لاتحتوي على تراكيز ولا على ضغوط .
3) وحدة الطاقة الحرة هي بالجول (J) .
4) لايجاد ln نستخدم العلاقة الاتية: $lnx = 2.3logx$ لانه في الغالب يعطي قيمة اللوغارتيم في السؤال .

ملخص العلاقة بين E^o_{cell} و ΔG^o و K_{eq} :

ΔG^o	K_{eq}	E^o_{cell}	التفاعل في الظروف القياسية
سالبة	$K_{eq} > 1$	موجبة	يفضل تكوين النواتج (امامي)
موجبة	$K_{eq} < 1$	سالبة	يفضل تكوين المتفاعلات
صفر	$K_{eq} = 1$	صفر	النواتج والمتفاعلات متساوية بالافضلية

مثال 7-4 خلية كلفانية قياسية تفاعلها العام كالاتي:



$$2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(S)} \longrightarrow 2Ag_{(S)} + Pb^{+2}_{(aq)}$$

احسب قيمة ΔG^o وثابت الاتزان K_{eq} عند درجة حرارة $25C^o$ علماً ان جهود الاختزال القياسية :

$E^o_{Pb^{2+}/Pb} = -0.13V$ و $E^o_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ (معلومة: $ln1.17 \times 10^{31} = 71.54$)

الحل:

1) نجد E^o_{cell} : (من جهود الاختزال القياسية)
نكتب تفاعلات نصفي الخلية:



$$Pb_{(S)} \longrightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.13V$$



$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +0.80V$$



$$2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(S)} \longrightarrow 2Ag_{(S)} + Pb^{+2}_{(aq)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +0.13 + 0.80 = +0.93\,V$$

2) نجد ΔG^o : (من خلال علاقتها مع E^o_{cell})

$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell} = -2 \times 96500 \times 0.93 = -179490\,J/mol$$

3) نجد K_{eq} : (من العلاقة مع E^o_{cell} او ΔG^o)

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq}$$

$$0.93 = \frac{0.026}{2} lnK_{eq}$$

$$lnK_{eq} = 71.54$$

$$\because \quad ln1.17 \times 10^{31} = 71.54 \quad \text{(من السؤال)}$$

$$\therefore \quad lnK_{eq} = ln1.17 \times 10^{31}$$

$$K_{eq} = 1.17 \times 10^{31}$$

تمرين 4-9

احسب التغير في طاقة كبس الحرة القياسية لتفاعل الخلية القياسي الاتية عند درجة حرارة $25C^o$:



$$3Hg^{+2}_{2(aq)} + 2Cr_{(S)} \longrightarrow 6Hg_{(l)} + 2Cr^{+3}_{(aq)}$$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Hg_2^{2+}/Hg} = +0.85V$ و $E^o_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74V$

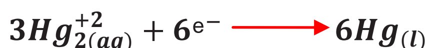
(3د/2016)

الحل:

1) نجد E^o_{cell} : (من جهود الاختزال القياسية)



$$2Cr_{(S)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^o_{anode} = 0.74\ V$$



$$3Hg^{+2}_{2(aq)} + 6e^- \longrightarrow 6Hg_{(l)} \qquad E^o_{cathode} = +0.85V$$



$$3Hg^{+2}_{2(aq)} + 2Cr_{(S)} \longrightarrow 6Hg_{(l)} + 2Cr^{+3}_{(aq)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +0.74 + 0.85 = +1.59\ V$$

2) نجد ΔG^o : (من خلال علاقتها مع E^o_{cell})

$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell}$$

$$\Delta G^o = -6 \times 96500 \times 1.59$$

$$\Delta G^o = -920610\ J/mol$$

تمرين 4-10

لتفاعل الخلية القياسي التالي عند درجة حرارة $25C^o$:



$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} + I_{2(S)}$$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{I_2/I^-} = +0.53V$ و $E^o_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0.77\ V$

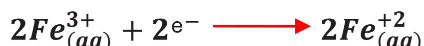
احسب: أ) جهد الخلية القياسي ب) طاقة كبس الحرة القياسية ج) ثابت الاتزان (معلومة: $ln1 \times 10^8 = 18.46$)

الحل:

أ) جهد الخلية القياسي:



$$2I^-_{(aq)} \longrightarrow I_{2(S)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = -0.53\ V$$



$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} \qquad E^o_{cathode} = +0.77V$$



$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} + I_{2(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = -0.53 + 0.77 = +0.24\ V$$

ب) طاقة كبس الحرة القياسية:

$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell}$$

$$\Delta G^o = -2 \times 96500 \times 0.24$$

$$\Delta G^o = -46320\ J/mol$$

ج) ثابت الاتزان:

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq}$$

$$0.24 = \frac{0.026}{2} lnK_{eq}$$

$$lnK_{eq} = 18.46$$

$\because \quad ln1 \times 10^8 = 18.46$ (من السؤال)

$$\therefore \quad lnK_{eq} = ln1 \times 10^8$$

$$K_{eq} = 1 \times 10^8$$



معادلة نيرنست:

تعريفها: وهي العلاقة التي تربط جهد الخلية الغير قياسي E_{cell} مع جهدها القياسي E^o_{cell} ، عندما يكون احد او جميع المواد المشاركة ذات تراكيز لاتساوي الواحد الصحيح وفي درجات حرارة مختلفة .

القانون (او المعادلة او العلاقة):

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ lnQ$$

الاشتقاق:

(الفصل الثاني)

$$\Delta G = \Delta G^o + RTlnQ \quad ....(1)$$
$$\Delta G = -nFE_{cell} \quad ....(2)$$
$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell} \quad ....(3)$$

وبتعويض المعادلة (2) و (3) في المعادلة (1) ينتج:

$$-nFE_{cell} = -nFE^o_{cell} + RTlnQ$$

(بقسمة طرفي المعادلة على $-nF$)

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{RT}{nF} lnQ$$

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{8.314\ J/K.mol \times 298\ K}{n \times 96500\ C/mol} lnQ$$

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ lnQ$$

حيث Q يمثل حاصل قسمة التراكيز المولارية للنواتج على التراكيز المولارية للمتفاعلات ومرفوعة الى اس يمثل عدد المولات من المعادلة العامة للخلية الكلفانية .

مثال: للتفاعل الاتي :



$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ ln \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b}$$

مثال خلية دانيال:



$$Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{2} \ ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

ملاحظات:

1) معادلة نيرنست هي المعادلة الوحيدة في الفصل تحتوي على تراكيز مولارية [ ] .
2) نستخدم معادلة نيرنست عندما يعطي في السؤال تراكيز لاتساوي (1 M) او المطلوب هو التركيز المولاري .
3) في معادلة نيرنست تدخل المواد في طور المحلول المائي فقط (aq) في Q ، ولا تدخل المواد في الحالة الصلبة او السائلة او الغازية
4) يمكن تطبيق معادلة نيرنست على الخلية بقطبيها او على القطب الواحد (لاحظ سؤال 14 و 21 من اسئلة الفصل) .
5) ممكن ان يكون احد اقطاب الخلية قياسي(اي التركيز 1 M) والاخر غير قياسي (اي التركيز لايساوي 1 M) فتكون الخلية غير قياسية
6) تكون $E_{cell} = E^o_{cell}$ في حالتين:
   أ) عندما تكون الظروف قياسية اي التركيز واحد مولاري بسبب $(Q = 1)$ وان $(ln\ 1 = 0)$.
   ب) عندما التراكيز غير قياسية ولكن $(Q = 1)$ كما في سؤال 29 من اسئلة الفصل .
7) يمكن ايجاد E^o_{cell} من اربعة قوانين:
   أ) $E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode}$
   ب) $\Delta G^o = -nFE^o_{cell}$
   ج) $E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq}$
   د) $E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ lnQ$

مثال 4-8

احسب جهد الخلية E_{cell} عند درجة الحرارة $25C^o$ للخلية التي تفاعلها العام : (2013/د1- خارج العراق)



$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(S)} \longrightarrow 2Ag_{(S)} + cu^{+2}_{(aq)}$$

اذا علمت ان تراكيز الايونات $[Cu^{+2}] = 0.01\ M$ و $[Ag^+] = 0.01\ M$

و جهود الاختزال القياسية : $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$ و $E^o_{Ag^+/Ag} = +0.80V$

الحل:

1) نجد E^o_{cell} :



$$Cu_{(S)} \longrightarrow Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = -0.34V$$



$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +0.80V$$



$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(S)} \longrightarrow 2Ag_{(S)} + cu^{+2}_{(aq)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = -0.34 + 0.80 = +0.46\ V$$

2) نجد E_{cell} من معادلة نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2}$$

$$E_{cell} = 0.46 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{(0.01)}{(0.01)^2}$$

$$E_{cell} = 0.46 - \frac{0.026}{2} \ln 10^2$$

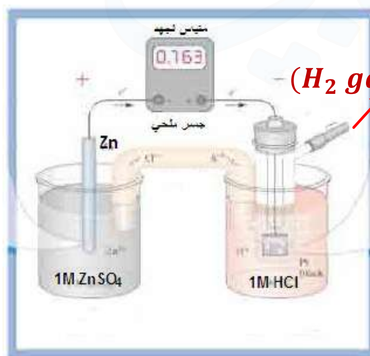
$$E_{cell} = 0.46 - \frac{0.026}{2} \times 2 \ln 10$$

$$E_{cell} = 0.46 - 0.026 \times 2.3$$

$$E_{cell} = 0.46 - 0.0598 = +0.40V$$

تمرين 4-11

بأستخدام الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل



$(H_2\ gas\ at\ 1atm)$

ادناه في تجربة وجد ان E_{cell} للخلية تساوي $0.73V$ عند $25C^o$،
افترض ان $[Zn^{+2}] = 0.1\ M$ وضغط غاز الهيدروجين $1\ atm$ ،
احسب التركيز المولاري لايونات H^+ ، اذا علمت ان
$E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$.

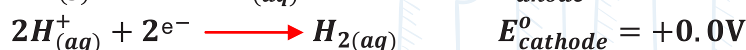
الحل:

1) نجد E^o_{cell} :

نحدد الانود والكاثود اولآ فمن الرسم المجاور يتبين ان الخارصين هو الانود والهيدروجين الكاثود او الاعتماد على حهود الاختزال القياسية فالخارصين هو الانود لانه الاصغر قيمة للجهد ($-0.76\ V$) والهيدروجين هو الكاثود لانه الاكبر قيمة ($0.0V$):



$$Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.76V$$



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(aq)} \qquad E^o_{cathode} = +0.0V$$



$$Zn_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(aq)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +0.76 + 0.0 = +0.76\ V$$

2) نحسب تركيز H^+ من نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2}$$

$$0.73 = 0.76 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{(0.1)}{[H^+]^2}$$



$$-0.03 = -0.013\, ln\frac{(0.1)}{[H^+]^2}$$
$$ln\frac{(0.1)}{[H^+]^2} = 2.3$$
$$\because \quad ln10 = 2.3$$
$$\therefore \quad ln\frac{(0.1)}{[H^+]^2} = ln10$$
$$\frac{(0.1)}{[H^+]^2} = 10$$
$$[H^+]^2 = 0.01$$
$$[H^+] = 0.1\ M$$

ملاحظة

$ln10 = 2.3$
$ln10^2 = 4.6$

$ln10^{-1} = -2.3$
$ln10^{-2} = -4.6$

تمرين 4-12

احسب E^o_{cell} و E_{cell} و ΔG للخلية الاتية: (2016 /تمهيدي) (2017/ د 1 - خارج القطر $\Delta G = ?$)



$Mg | Mg^{2+}$ (0.05 M) || Sn^{+2}(0.04 M) | Sn

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية: $E^o_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14V$ و $E^o_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37V$

معلومة: $(log1.25 = 0.1)$ او $log2 = 0.3$ و $log5 = 0.7$ (ت/2016) (2016 /د1- خ ق)
$(ln1.25 = 0.22$ خ ق- 2018/د2-) (2017 /د2- خ ق) ($\Delta G = ?$ خ ق – 1 د/2017)

الحل:

1) نجد E^o_{cell} :

نحدد الانود والكاثود من التعبير عن الخلية :



$$Mg_{(S)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +2.37V$$



$$Sn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -0.14V$$



$$Mg_{(S)} + Sn^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + Sn_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = 2.37 + (-0.14) = 2.23V$$

2) نحسب E_{cell} من نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n}\, ln\frac{[Mg^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$
$$E_{cell} = 2.23 - \frac{0.026}{2}\, ln\frac{0.05}{0.04}$$
$$E_{cell} = 2.23 - 0.013\, ln\frac{5}{4}$$
$$E_{cell} = 2.23 - 0.013\, ln1.25$$
$$E_{cell} = 2.23 - 0.013 \times 2.3 log\, 1.25$$
$$E_{cell} = 2.23 - 0.03 \times 0.1$$
$$E_{cell} = 2.230 - 0.003$$
$$E_{cell} = 2.227V$$



3) نجد ΔG:

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$
$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 2.227$$
$$\Delta G = -429811\, J$$

الخلايا الالكتروليتية:

تعريفها: وهي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وتكون تفاعلاتها بشكل غير تلقائي $(\Delta G = +)$.

اهميتها: لها تطبيقات مهمة في الصناعة ، مثال استخدام خلايا التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات وفي عملية الطلاء الكهربائي .

انواعها: 1) خلايا التحليل الكهربائي 2) خلايا الطلاء الكهربائي .

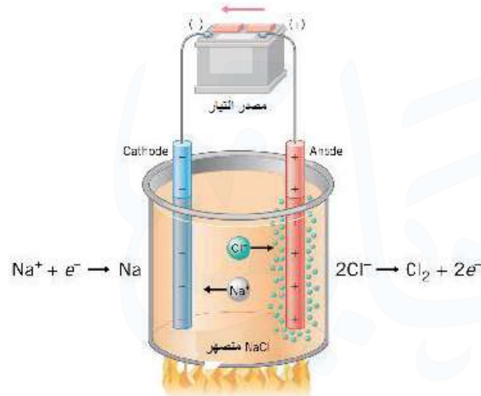
1) خلايا التحليل الكهربائي:

تعريفها: وهي الخلايا التي فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلية الالكتروليتية غير التلقائي يحدث ، ويتم فيها تحليل المركب الى عناصره الاولية .

مثال:

أ- خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم $(NaCl)$:

تتكون خلية منصهر كلوريد الصوديوم من اقطاب الكاربون او البلاتين مغمورة في منصهر كلوريد الصوديوم بعد توصيل تيار كهربائي خارجي (بطارية مثلاً) فتحدث عملية التأكسد لايون الكلوريد على قطب الانود وعملية الاختزال لايون الصوديوم على قطب الكاثود ، مما يؤدي الى تحرر غاز الكلور Cl_2 على الانود وترسب الصوديوم Na على الكاثود :



تفاعل الانود  $2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

تفاعل الكاثود  $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$

التفاعل العام  $2Cl^{-1} + 2Na^+ \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2Na$

س/ في عملية التحليل اعلاه يجب ابقاء الصوديوم مفصولاً عن غاز الكلور ، علل ذلك ؟

ج/ وذلك لكي لايتفاعل الصوديوم مع الكلور بشكل تلقائي وتكوين $NaCl$ مرة اخرى (حيث عملية الفصل غير تلقائية وعملية التكوين تلقائية) .

ب- خلية التحليل الكهربائي للماء الى عناصره الاولية:

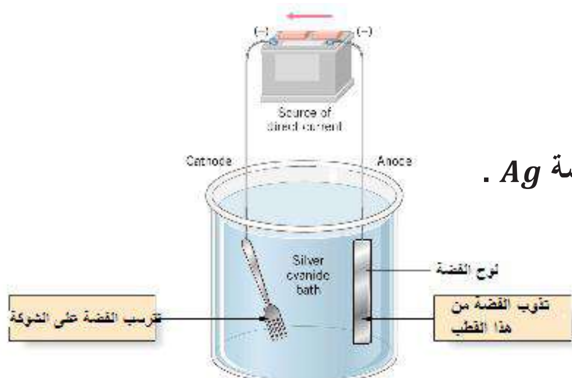
مثال:  $2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_2 + O_2$

2) خلايا الطلاء الكهربائي:

تعريفه: الطلاء الكهربائي هو عملية يستخدم فيها التحليل الكهربائي لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر . (2013/د1-خ ق)

اهميته: 1) حماية المعادن من الصدأ والتأكل .
2) اكتساب المعادن مظهر مرغوب وجميل .

مكونات خلية الطلاء: (2015/د3) (2016/د3)



1) **الانود:** يتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثال فلز الذهب Au وفلز الفضة Ag .
2) **الكاثود:** يتكون من المادة او السطح المراد طلاؤه مثال ملعقة طعام او خاتم .
3) **محلول الخلية:** يكون حاوياً على احد املاح الفلز النقي المراد الطلاء به ، مثال محلول نترات الذهب $Au(NO_3)_3$ عندما يكون الذهب انودا او نترات الفضة $AgNO_3$ عندما يكون الفضة انودا .

شروط او عوامل الطلاء الجيد: (2013 تمهيدي) (2014/د1) (2014/د2) (2016/د3) (2017/د1) (2019/د1)

1) شدة التيار الكهربائي المستخدم يجب ان تكون ضعيفة .
2) تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به تكون قليلة .



قوانين فاراداي:

القانون الاول:
تتناسب كتلة اي مادة تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب مع كمية الكهربائية التي تمر خلال الخلية الكهربائية تناسباً طردياً . (2016/د1- خ ق) (2018 /د 1 -خ ق)

القانون الثاني:
تتناسب كتل المواد المختلفة التي تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب ، بأستخدام نفس الكمية من الكهربائية مع الكتل المكافئة للمواد المختلفة تناسباً طردياً .

العمليات التي تجري عند قطب الكاثود: (اي عمليات اختزال)
1) تُختزل ايونات الفلز(الموجبة) الى ذراته عند الكاثود وتترسب عليه .
2) تتحرر عند الكاثود الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة موجبة مثال غاز الهيدروجين H_2 .

العمليات التي تجري عند قطب الانود : (اي عمليات اكسدة)
1) تتأكسد الفلزات (اي تذوب) في محلول القطب اي ان الفلز يعاني ذوباناً او اضمحلالاً (تآكل) .
2) تتحرر عند قطب الانود الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة سالبة مثال *غاز الكلور* Cl_2 *وغاز الاوكسجين* O_2 .

بعض المصطلحات والوحدات:

المطلح	الرمز	الوحدة	الرمز
التيار	I	الامبير	A
الزمن	t	الثانية	S
الفاراداي	F	كولوم / مول . الكترون	$\frac{C}{mol.e^-}$
الشحنة الكهربائية	Q	كولوم / مول . الكترون	$\frac{C}{mol.e^-}$

ملاحظات:

1) يجب تحويل الزمن الى الثانية (S) عندما يكون في وحدات اخرى:
مثال:
$1min$ (دقيقة) $= 60\ S$
$1hr$ (ساعة) $= 3600\ S$

2) يجب التمييز بين كمية الكهربائية وحاصل التفاعل .

3) $1C = 1A \times 1S$

قوانين فاراداي الرياضية:

	القانون	الملاحظات
1)	$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$	Q/ كمية الكهربائية(الشحنة الكهربائية) بـ $(mol.e^-)$ القادمة من البطارية
2)	$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n_{e^-}$	n- عدد المولات المترسبة من الفلزعلى الكاثود او المتحررة على الاقطاب من الغازات n_{e^-} / عدد الالكترونات من معادلة نصف الخلية
3)	$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$	n- عدد المولات المترسبة من الفلزعلى الكاثود
4)	$n(mol) = \text{M}(mol/L) \times V(L)$	لاحظ تمرين $(4 - 14)$
5)	$n(mol) = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{N_A \text{ عدد افوغادرو}}$	n- عدد المولات المترسبة من الفلزعلى الكاثود
6)	$n(mol) = \frac{V(L) \times 1(mol)}{22.4\ (L)}$	تخص الغازات و تستخدم فقط في الظروف القياسية اي في (STP)
7)	$n(mol) = \frac{PV}{RT}$	تخص الغازات في الظروف غير القياسية
8)	$n(mol) = \frac{\text{عدد الجزيئات المتحررة}}{N_A \text{ عدد افوغادرو}}$	تخص الغازات
9)	$Q(mol.e^-) = \frac{\text{عدد } e^- \text{ المارة}}{N_A \text{ عدد افوغادرو}}$	$N_A = 6.023 \times 10^{23}$

مثال 4-9

لتفاعل نصف الخلية الاتي:



$$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(S)}$$

احسب عدد غرامات المغنيسيوم التي يمكن انتاجها من فلز المغنيسيوم عند امرار تيار شدته $25\ A$ لفترة ساعة واحدة $(1\ hr)$ ، علماً ان الكتلة الذرية للمغيسيوم تساوي 24 ، ما هي عدد ذرات المغيسيوم المترسبة عند الكاثود تحت نفس الظروف . (2015/ تمهيدي)

الحل:

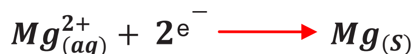
1) نحول الزمن الى وحدة الثانية (S):

$$t(S) = t(hr) \times \frac{3600\ S}{1\ (hr)} = 1(hr) \times \frac{3600\ S}{1\ (hr)} = 3600\ S$$

2) نجد $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)} = \frac{25(A) \times 3600(S)}{96500(C/mol.e^-)} = 0.9\ \ mol.e^-$$

3) نجد عدد مولات المغنيسيوم المترسبة على الكاثود :



$$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(S)}$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n_{e^-}$$

$$0.9\ \ mol.e^- = n(mol) \times 2_{e^-} \quad \Rightarrow \quad n(mol) = 0.45\ \ mol$$

4) نجد كتلة المغنيسيوم (عدد الغرامات):

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$0.45\ \ mol = \frac{m(g)}{24(g/mol)} \quad \Rightarrow \quad m(g) = 10.8\ g$$

5) نجد عدد ذرات المغيسيوم المترسبة عند الكاثود:

$$n(mol) = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{N_A \text{ عدد افوغادرو}}$$

$$0.45\ \ mol = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{6.023 \times 10^{23}} \quad \Rightarrow \quad \text{عدد الذرات المترسبة} = 2.7 \times 10^{23} atoms$$



تمرين 4-13

ما هي شدة التيار الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200 S ليرسب 3g من الذهب عند الكاثود ، الكتلة الذرية للذهب 197 .
(2د/2013-التكميلي) (2د/2017)
(2018 /د 1 -خ ق- 8g – خلال نصف ساعة)

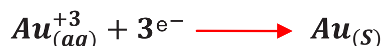
الحل:

1) نجد عدد مولات الذهب المترسبة على الكاثود :

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{3g}{197(g/mol)} = 0.015\ mol$$

2) نجد $Q(mol.e^-)$:

$$Au^{+3}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(S)}$$



$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n e^- = 0.015\ mol \times 3e^- = 0.045\ mol.e^-$$

3) نجد التيار $I(A)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.045\ mol.e^- = \frac{I(A) \times 200(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$I(A) = 21.7\ A$$

تمرين 4-14

محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ تركيزه 0.2 M وحجمه 600ml ، امرر تيار كهربائي شدته 96.5A احسب الزمن اللازم لكي يتبقى 0.03 mol من ايون النحاس .
(1د/2013) (2د/2014)
(0.5l - 0.06 mol-3د/ 2017)

الحل:

نجد عدد المولات الكلية من التركيز والحجم ثم نجد عدد المولات المترسبة منها ثم نجد $Q(mol.e^-)$ ومنها نجد الزمن:

1) نجد عدد المولات الكلية للنحاس (وتحويل الحجم الى اللتر):

$$n(mol) = M\ (mol/L) \times V(L)$$

$$n(mol) = 0.2mol/L \times 600ml \times \frac{1L}{1000ml} = 0.12\ mol$$

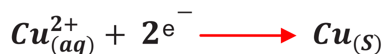
2) نجد عدد المولات المترسبة:

$$n(mol)_{\text{المترسبة}} = n(mol)_{\text{الكلية}} - n(mol)_{\text{المتبقية}}$$

$$n(mol)_{\text{المترسبة}} = 0.12\ mol - 0.03\ mol = 0.09\ mol$$

3) نجد $Q(mol.e^-)$:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)}$$



$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n e^- = 0.09\ mol \times 2e^- = 0.18\ mol.e^-$$

4) نجد الزمن $t(S)$ من $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.18\ mol.e^- = \frac{96.5A \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$t(S) = 180\ S$$

ملاحظة:

1) عدد المولات المتبقية هي عدد المولات الذائبة في المحلول .
2) حجم المحلول يجب ان يكون باللتر .



البطاريات (النضائد) وخلايا الوقود:

وهي على نوعين من حيث اعادة الشحن:

1) بطاريات اولية: لايمكن اعادة شحنها مثال الخلية الجافة .

2) بطاريات ثانوية: يمكن اعادة شحنها مثال بطارية الخزن الرصاصية .

1)- بطارية الخزن الرصاصية:

وهي البطارية التي تتكون من مجموعة خلايا رصاصية كلفانية (ثلاث او ست خلايا) تربط على التوالي جهد كل منها اكثر بقليل من $2V$

مكوناتها:

1) الانود: يتكون من الرصاص (Pb)

2) الكاثود: يتكون من اوكسيد الرصاص PbO_2

3) محلول الخلية: وهو محلول الكتروليتي يتكون من حامض الكبريتيك H_2SO_4 المركز ، يغمر فيه القطبين وله كثافة تتراوح من $1.2\ g/ml$ الى $1.3\ g/ml$ عند بداية شحن البطارية .

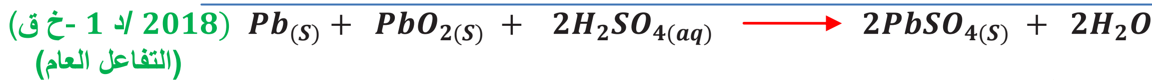
تفاعلاتها:

الانود 

$$Pb_{(S)} + SO^{2-}_{4(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(S)} + 2e^-$$

الكاثود 

$$PbO_{2(S)} + 4H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} + 2e^- \longrightarrow PbSO_{4(S)} + 2H_2O$$

التفاعل العام 

$$Pb_{(S)} + PbO_{2(S)} + 2H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2PbSO_{4(S)} + 2H_2O$$

(2018 د/ 1 -خ ق) (التفاعل العام)

عملها: عند استمرار عمل الخلية تترسب كبريتات الرصاص بشكل مسحوق ابيض على القطبين ويستهلك حامض الكبريتيك الموجود بشكل متأين فتزداد كمية الماء مما يؤدي الى انخفاض كثافة محلول الحامض .

س/ كيف يمكن اعادة شحن البطارية ؟ (2015 د/ 1 - خ ق) (2017 د/ 1 - خ ق)

ج/ 1) عندما تنطلق السيارة فأن تفاعلات نصف الخلية سوف تنعكس بسبب الفولتية التي ينتجها المولد (الداينمو) ويعاد انتاج Pb و PbO_2 و H_2SO_4 .

2) امرار تيار كهربائي خارجي (اعادة شحن) لعكس تفاعل الخلية فتصبح البطارية مجموعة خلايا الكتروليتية حيث يتفكك راسب $PbSO_4$ من على القطبين ويستعيد الحامض تركيزه (كثافته) .

مواصفاتها:

1) تستعمل في تشغيل السيارة وكثيرا من المعدات الكهربائية والصناعية (اهميتها) .

2) جهدها $6V$ او $12V$.

3) قابلة للشحن

2- الخلية الجافة (خارصين – كاربون):

وهي خلية كلفانية تتكون من وعاء من الخارصين يعمل كأنود مملوء بمعجون رطب من MnO_2 وكاربون (كرافيت) وكلوريد الامونيوم NH_4Cl وحيث MnO_2 هو الكاثود .

تفاعلاتها:

الانود 

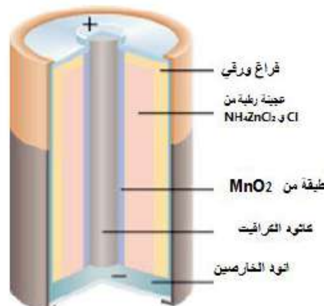
$$Zn_{(S)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2e^-$$

الكاثود 

$$2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow 2MnO(OH)_{(S)} + 2OH^-_{(aq)}$$

التفاعل العام 

$$Zn_{(S)} + 2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2MnO(OH)_{(S)}$$



مواصفاتها: (2013/د3) (2017/د2 - موصل)

1) تعطي جهد مقداره $1.48V$

2) غير قابلة للشحن

3) تستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب .



اسئلة الفصل الرابع

1-4 عرف المصطلحات الاتية: الانود ، القوة الدافعة الكهربائية ، جهد الاختزال القياسي ، الجسر الملحي

الحل: (راجع الملزمة) .

2-4 احسب ثابت فاراداي وبين وحداته .

الحل: (راجع الملزمة) .

3-4 اي المواد في الازواج التالية هو الافضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية . اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^o_{Br_2/Br^-} = +1.07$ و $E^o_{Au^{3+}/Au} = +1.50\ V$ و $E^o_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$ و

$E^o_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40\ V$ و $E^o_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74\ V$

أ) Br_2 ام Au^{3+}

ب) H_2 ام Ag^+

جـ) Cd^{2+} ام Cr^{3+}

الحل: الافضل عامل مؤكسد هو الذي له اكبر قيمة لجهد الاختزال القياسي :

أ) Au^{3+} - لان جهد اختزاله اكبر من جهد اختزال Br_2 .

ب) Ag^+ - لان جهد اختزاله اكبر من جهد اختزال H^+ .

جـ) Cd^{2+} - لان جهد اختزاله اكبر من جهد اختزال Cr^{3+} .

4-4 اكتب العلاقة التي تربط ΔG^o مع K_{eq} و E^o_{cell} وعرف جميع الرموز التي تحتويها .

الحل: (راجع الملزمة) .

5-4 عند الظروف القياسية $25C^o$ وضغط $1\ atm$ ، اي تفاعل سيجري تلقائياً في محلول مائي يحتوي على ايونات Ce^{4+} و Ce^{3+} و Fe^{3+} و Fe^{2+} ؟ احسب ΔG^o و K_{eq} لهذا التفاعل . اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية : $E^o_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = +1.61\ V$ و $E^o_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$ (معلومة: $ln1.1 \times 10^{14} = 32.3$) .

الحل: اي هل التفاعل تلقائي ام لا ، ويمكن معرفة ذلك من ΔG^o او E^o_{cell} وكالاتي:

1) نجد E^o_{cell} :

الانود



$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \qquad E^o_{anode} = -0.77V$$

الكاثود



$$Ce^{4+} + e^- \longrightarrow Ce^{3+} \qquad E^o_{cathode} = +1.61V$$



$$Fe^{2+} + Ce^{4+} \longrightarrow Fe^{3+} + Ce^{3+}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = -0.77 + 1.61 = +0.84\ V$$ (تلقائي)

2) نجد ΔG^o:

$$\Delta G^o = -nFE^o_{cell} = -1 \times 96500 \times 0.84 = -81060\ J/mol$$

3) نجد K_{eq} من E^o_{cell} او من ΔG^o:

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq} \quad \Rightarrow \quad 0.84 = \frac{0.026}{1} lnK_{eq}$$

$$lnK_{eq} = \frac{0.840}{0.026} = 32.3$$

$$\because \quad ln1.1 \times 10^{14} = 32.3$$

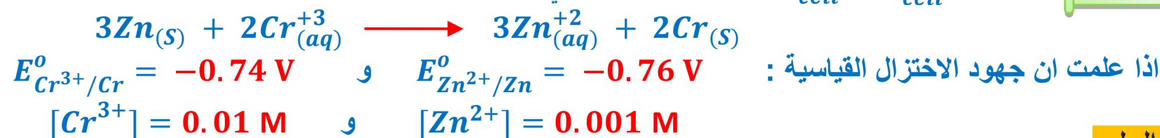
$$\therefore \quad lnK_{eq} = ln1.1 \times 10^{14} \quad \Rightarrow \quad K_{eq} = 1.1 \times 10^{14}$$

ملاحظة: وعندما الثابت معلوم والمطلوب جهد الخلية او الطاقة الحرة فيعطي بالسؤال معلومة $log1.1 = 0.04$.

6-4 اكتب معادلة نيرنست وعرف جميع الرموز التي تحتويها .

الحل: (راجع الملزمة) .

7-4 احسب E^o_{cell} و E_{cell} و ΔG للتفاعل الاتي: (1د/2016)



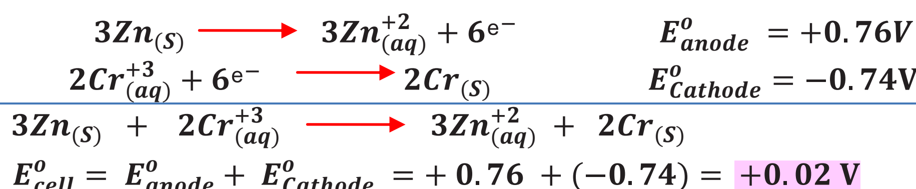
$$3Zn_{(S)} + 2Cr^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 2Cr_{(S)}$$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية : $E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.74\ V$ و $E^o_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74\ V$

$[Zn^{2+}] = 0.001\ M$ و $[Cr^{3+}] = 0.01\ M$

الحل:

1) نجد E^o_{cell} :



$$3Zn_{(S)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^o_{anode} = +0.76V$$
$$2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 2Cr_{(S)} \qquad E^o_{Cathode} = -0.74V$$
$$3Zn_{(S)} + 2Cr^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 2Cr_{(S)}$$
$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = +0.76 + (-0.74) = +0.02\ V$$

2) نحسب E_{cell} من نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n}\ ln\frac{[Zn^{2+}]^3}{[Cr^{3+}]^2}$$
$$E_{cell} = 0.02 - \frac{0.026}{6}\ ln\frac{[0.001]^3}{[0.01]^2}$$
$$E_{cell} = 0.02 - \frac{0.026}{6}\ ln10^{-5}$$
$$E_{cell} = 0.02 + \frac{0.026}{6} \times 5 \times 2.3$$
$$E_{cell} = 0.02 + 0.05 = +0.07V$$

3) نجد ΔG من E_{cell} :

$$\Delta G = -\ nF\ E_{cell} = -6 \times 96500 \times 0.07 = -40530\ J/mol$$

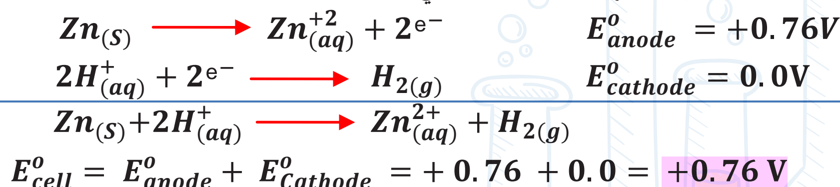
8-4 احسب E^o_{cell} للخلية المكونة من نصفي التفاعل Zn/zn^{2+} و SHE . كم سيكون جهد الخلية E_{cell} اذا كان $[Zn^{2+}] = 0.45\ M$ و $PH_2 = 1atm$ و $[H^+] = 1.8\ M$ ، اذا علمت ان جهد الاختزال القياسي $E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$

معلومة: $log0.14 = -0.85$

الحل:

1) نجد E^o_{cell} :

الانود هو قطب الخارصين لانه الاقل قيمة لجهد الاختزال القياسي و SHE هو الكاثود لانه الاكثر قيمة لجهد الاختزال القياسي :



$$Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.76V$$
$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} \qquad E^o_{cathode} = 0.0V$$
$$Zn_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$
$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = +0.76 + 0.0 = +0.76\ V$$

2) نحسب E_{cell} من نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n}\ ln\frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{cell} = 0.76 - \frac{0.026}{2}\ ln\frac{(0.45)}{(1.8)^2}$$
$$E_{cell} = 0.76 - 0.013\ ln\ 0.14 \Rightarrow E_{cell} = 0.76 - 0.013 \times 2.3(log0.14)$$
$$E_{cell} = 0.76 - 0.013 \times 2.3 \times (-0.85) = 0.76 + 0.03 = 0.79$$



9-4

ما الفرق بين الخلية الكلفانية (مثل خلية دانيال) وخلايا التحليل الكهربائي

الحل: (2د/2013) (1د/2015 -خاص) (1د/2016)

No	الخلية الكلفانية	خلية التحليل الكهربائي
1	تستخدم التفاعل الكيميائي للحصول طاقة كهربائية	تستخدم الطاقة الكهربائية لحدوث التفاعل الكيميائي
2	تكون تلقائية التفاعل اي ΔG سالبة(-)	تكون غير تلقائية التفاعل اي ΔG موجبة (+)
3	تكون منتجة للتيار الكهربائي	تكون مستهلكة للتيار الكهربائي
4	يستخدم فيها جسر ملحي	لا يستخدم فيها جسر ملحي
5	يكون الانود على اليسار والكاثود على اليمين	يكون الانود على اليمين والكاثود على اليسار
6	مثال خلية دانيال	مثال: خلايا الطلاء الكهربائي وخلية تحليل $(NaCl)$ و H_2O

10-4

احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو:



$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

فأذا تم جمع $0.08L$ من O_2 عند $25C^o$ وضغط $755\ mm.Hg$. أحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول .

الحل:

نجد عدد مولات O_2 المتحررة ومنها نجد $Q(mol.e^-)$:

1) نحول الضغط الى وحدة atm :

$$P(atm) = 755\ mm.Hg \times \frac{1atm}{760mm.Hg} = 0.99\ atm$$

2) نجد $T(K)$:

$$T(K) = t(C^o) + 273 = 25 + 273 = 298K$$

3) نجد عدد مولات O_2 المتحررة:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.99 \times 0.08}{0.082 \times 298} = 0.003mol$$

4) نجد (e^-) .

السؤال ليس بالظروف القياسية لان الضغط والحرارة ليس قياسيين حيث القياسي للغاز $0C^o$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n^{e^-}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.003mol \times 4^{e^-}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.012\ mol.e^-$$

11-4

يسري تيار كهربائي لفترة $3.75\ hr$ خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي ، تحتوي الخلية الاولى محلول $AgNO_3$ ، في حين تحتوي الخلية الثانية على محلول $CuCl_2$ وخلال هذا الزمن ترسب $2g$ من الفضة في الخلية الاولى .

أ) كم عدد غرامات النحاس التي ستترسب في الخلية الثانية . (الكتلة الذرية $Ag = 108$, $Cu = 64$)

ب) ما قيمة التيار الساري بالامبير .

الحل:

1) نجد عدد مولات الفضة المترسبة:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{2g}{108(g/mol)} = 0.02mol$$

2) نجد $Q(mol.e^-)$:



$$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(S)}$$

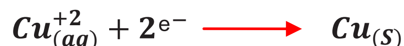
$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n^{e^-}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.02mol \times 1^{e^-}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.02\ mol.e^-$$

بما ان الخليتين مربوطتين على التوالي اي تمر بهما نفس كمية الكهربائية لذلك لهما نفس قيمة $Q(mol.e^-)$

3) نجد عدد مولات النحاس المترسبة:

$Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^-$  $Cu_{(S)}$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n e^-$$

$$0.02\ mol.e^- = n(mol) \times 2e^-$$

$$n(mol) = 0.01\ mol$$

4) نجد عدد غرامات النحاس المترسبة:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$0.01\ mol = \frac{m(g)}{64(g/mol)}$$

$$m(g) = 0.64g$$

5) نحول الزمن الى الثانية:

$$t(S) = t(hr) \times \frac{3600(S)}{1(hr)}$$

$$t(S) = 3.75\ hr \times \frac{3600(S)}{1(hr)}$$

$$t(S) = 13500\ S$$

6) نجد التيار:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.02\ mol.e^- = \frac{I(A) \times 13500\ S}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$I(A) = 0.14A$$

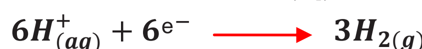
12-4 بين ايهما يحرر غاز الهيدروجين الالمنيوم ام الذهب عند تفاعلها مع الحوامض المخففة . اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية للالمنيوم $E^o_{Al^{3+}/Al} = -1.66\ V$ وللذهب $E^o_{Au^{3+}/Au} = +1.50\ V$ ولماذا ؟

الحل:

لكي يتحرر الهيدروجين يجب ان يكون كاثوداً ، ويجب ان يكون جهد الخلية موجباً (+) : (د1-2018/ H_2 مع الالمنيوم فقط ، هل يتحرر ام لا ولماذا)

1) نربط قطب الهيدروجين مع قطب الالمنيوم:

$2Al_{(S)}$  $2Al^{+3}_{(aq)} + 6e^-$ $\quad E^o_{anode} = +1.66\ V$

$6H^+_{(aq)} + 6e^-$  $3H_{2(g)}$ $\quad E^o_{cathode} = 0.0V$

$2Al_{(S)} + 6H^+_{(aq)}$  $2Al^{+3}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = +1.66 + 0.0 = +1.66\ V$$

∴ *الالمنيوم يحرر غاز الهيدروجين لان التفاعل تلقائي* (قيمة الجهد موجبة) .

2) نربط قطب الهيدروجين مع قطب الذهب :

$2Au_{(S)}$  $2Au^{+3}_{(aq)} + 6e^-$ $\quad E^o_{anode} = -1.50\ V$

$6H^+_{(aq)} + 6e^-$  $3H_{2(g)}$ $\quad E^o_{cathode} = 0.0V$

$2Au_{(S)} + 6H^+_{(aq)}$  $2Au^{+3}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{Cathode} = -1.50 + 0.0 = -1.50\ V$$

∴ *الذهب لا يحرر غاز الهيدروجين لان التفاعل غير تلقائي* (قيمة الجهد سالبة) .



13-4

هل يجري تفاعل الخلية التالية المعبر عنها ادناه تلقائياً ام لا ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية:

$E^o_{Br_2/Br^-} = +1.07V$ و $E^o_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$

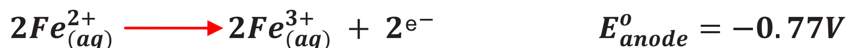


$Pt \mid Fe^{2+}(1\ M), Fe^{3+}(1\ M) \parallel Br^-\ (1\ M) \mid Br_2(1atm) \mid Pt$

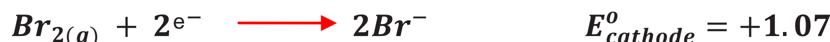
الحل:

يمكن معرفة حصول التفاعل تلقائياً ام لا بعد ايجاد E^o_{cell}

نختار قطب الحديد الايوني انوداً وقطب البروم الغازي كاثوداً اي بالاعتماد على تعبير الخلية وليس على جهود الاختزال :



$$2Fe^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = -0.77V$$



$$Br_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Br^- \qquad E^o_{cathode} = +1.07$$



$$2Fe^{2+}_{(aq)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 2Br^-$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = -0.77 + 1.07 = +0.3V$$

∴ التفاعل تلقائي .

14-4

احسب جهد قطب غاز H_2 في $25C^o$ وضغط $1atm$ اذا علمت ان PH محلوله الالكتروليتي = 1 .

الحل:

ملاحظات حول الحل:

1) المطلوب حساب جهد قطب H_2 غير القياسي لان الظروف غير قياسية حيث $PH = 1$ تعني تركيز 0.1 M .
2) لان القياسي يكون التركيز 1 M فيكون $PH = 0$ وليس واحد ويكون الجهد له معلوم اصلاً لانه يساوي $0.0V$.
3) يتم حساب جهد القطب غير القياسي من معادلة نيرنست .
4) يمكن اخذ قطب الهيدروجين كاثود او انود وكالاتي:

$$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-1}\ M$$



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$$

$$E_{H_2} = E^o_{H_2} - \frac{0.026}{n} ln\frac{1}{[H^+]^2}$$

$$E_{H_2} = 0 - \frac{0.026}{2} ln\frac{1}{[10^{-1}]^2}$$

$$E_{H_2} = -0.013\ ln10^2$$

$$E_{H_2} = -0.013 \times 2 \times 2.3$$

$$E_{H_2} = -0.0598\ V$$

ملاحظة: تم اختيار قطب الهيدروجين ككاثود والجهد هو جهد الاختزال غير القياسي ، وعند اعتباره انوداً فأن الجهد المحسوب هو جهد التاكسد غير القياسي ويساوي بالقيمة جهد الاختزال ولكن بعكس الاشارة اي $0.0598\ V$.

15-4

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الاتي:



$$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \longrightarrow AgNO_3 + 2KCl + H_2O$$

الحل:

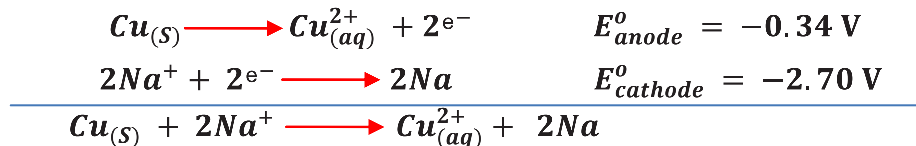
Cl_2 // عامل مؤكسد - لانه عانى اختزال .

$AgNO_2$ // عامل مختزل – لانه عانى اكسدة .

16-4 هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في اناء من النحاس علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$. $E^o_{Na^+/Na} = -2.70\ V$ (2014/ تمهيدي)(2015/ د2) (2017/ د2 - خارج القطر)

الحل:

يمكن الحفظ عندما لا يحصل تفاعل بين الاناء (النحاس) والمحلول (ايون Na^+) اي عندما يكون الجهد له قيمة سالبة :



$$Cu_{(S)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = -0.34\ V$$

$$2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na \qquad E^o_{cathode} = -2.70\ V$$

$$Cu_{(S)} + 2Na^+ \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Na$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = -0.34 + (-2.70) = -3.04V$$

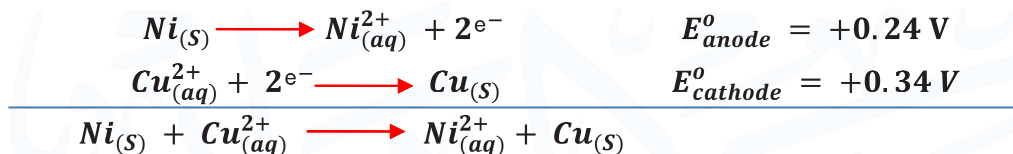
∴ يمكن الحفظ لان الجهد له قيمة سالبة اي التفاعل غير تلقائي .

ملاحظة: الاناء دائماً هو الانود والمحلول هو الكاثود .

17-4 هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من النيكل ام لايمكن ذلك ؟ بين ذلك مع ذكر السبب ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$ و $E^o_{Ni^{2+}/Ni} = -0.24\ V$. (2017/د1 - موصل)

الحل:

الانود هو اناء النيكل والكاثود هو محلول كبريتات النحاس :



$$Ni_{(S)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.24\ V$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +0.34\ V$$

$$Ni_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +0.24 + 0.34 = +0.58V$$

بما التفاعل تلقائي لذا لايمكن الحفظ .

18-4 ما هو التيار بالامبير (A) اللازم لترسيب $(5g)$ من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح للذهب حالة التأكسد للذهب فيه $(+3)$ الكتلة الذرية للذهب 197 ؟ (2016/د1)

الحل:

1) نجد عدد مولات الذهب المترسبة:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$n(mol) = \frac{5(g)}{197(g/mol)} \Rightarrow n(mol) = 0.025g$$

2) نجد $Q(mol.e^-)$:



$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(S)}$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n e^-$$

$$Q(mol.e^-) = 0.025mol \times 3e^- = 0.075\ mol.e^-$$

3) نحول الزمن الى الثانية:

$$t(S) = t(hr) \times \frac{3600(S)}{1(hr)}$$

$$t(S) = 1\ hr \times \frac{3600(S)}{1(hr)} = 3600\ S$$

4) نجد التيار $I(A)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.075\ mol.e^- = \frac{I(A) \times 3600(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$I(A) = 2.01\ A$$



19-4

مم يتكون انود وكاثود البطارية الجافة ؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام واهم مميزاتها .

الحل: (راجع الملزمة) .

20-4

لماذا يجب ان يكون جهد الخلية الكلفانية موجباً ؟ (2017 /د 1 - خ ق)

الحل: يجب ان يكون جهد الخلية موجباً وذلك لكي يكون التفاعل تلقائياً اي تكون $\Delta G^o = -$ عندما يكون $E^o_{cell} = +$ ، وحسب العلاقة الاتية: $\Delta G^o = -nFE^o_{cell}$.

21-4

احسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين اذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي $(-0.82\ V)$ وجهد اختزاله القياسي $E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$.

الحل:

نستخدم معادلة نيرنست في الحل ويمكن اعتبار قطب الخارصين كاثوداً او انوداً والناتج نفسه:



$$E_{zn} = E^o_{zn} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{1}{[Zn^{2+}]}$$

$$-0.82 = -0.76 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{1}{[Zn^{2+}]}$$

$$-0.06 = -\ 0.013 \ln \frac{1}{[Zn^{2+}]}$$

$$\ln \frac{1}{[Zn^{2+}]} = \frac{0.060}{0.013}$$

$$\ln \frac{1}{[Zn^{2+}]} = 4.6 \qquad \because \quad \ln 10^2 = 4.6$$

$$\therefore \quad \ln \frac{1}{[Zn^{2+}]} = \ln 10^2$$

$$\frac{1}{[Zn^{2+}]} = 10^2 \quad \Rightarrow \quad [Zn^{2+}] = 0.01\ M$$

22-4

احسب جهد خلية دانيال اذا علمت ان تركيز كبريتات الخارصين $(0.1\ M)$ وتركيز كبريتات النحاس $(0.01\ M)$ في درجة $25C^o$. وان الجهد القياسي للخلية يساوي $(+1.10\ V)$ ؟

الحل:

نجد E_{cell} من معادلة نيرنست:

الانود


الكاثود


التفاعل العام


$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{cell} = 1.10 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{cell} = 1.10 - 0.013 \ln 10$$

$$E_{cell} = 1.10 - 0.013 \times 2.3$$

$$E_{cell} = 1.10 - 0.03 = +1.07V$$

ملاحظات:

1) في خلية دانيال الانود هو الخارصين ، والكاثود هو النحاس
2) جهد الخلية المطلوب هو E_{cell} لان التراكيز غير قياسية
3) تركيز الايونات تحسب مباشرة من تركيز المحاليل المعطاة
4) لم نحتاج جهود الاختزال القياسية لان E^o_{cell} معلوم .

4-23 اي تفاعل هو تفاعل اكسدة ــ اختزال:

1) $Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$
2) $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$
3) $2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$
4) $SiBr_4 + 3H_2O \longrightarrow H_2SiO_3 + 4HBr$
5) $Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

الحل:
تفاعل الاكسدة والاختزال هو التفاعل الذي تتغير فيه اعداد التأكسد للمواد المتفاعلة والناتجة:
1) لا يعتبر تفاعل اكسدة واختزال لانه لم تتغير اعداد التأكسد .
2) تفاعل اكسدة ــ واختزال .
3) تفاعل اكسدة ــ واختزال .
4) لا يعتبر تفاعل اكسدة واختزال لانه لم تتغير اعداد التأكسد .
5) تفاعل اكسدة ــ واختزال .

4-24 خلية كلفانية تفاعلها العام في درجة $25C^o$:

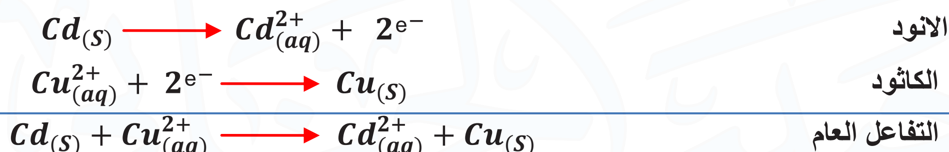


$$Cu^{2+}_{(aq)}\ (0.01\ M) + Cd_{(S)} \longrightarrow Cu_{(S)} + Cd^{2+}_{(aq)}(0.1\ M)$$

وجهدها القياسي يساوي ($+0.74$ V) ، احسب التغيرفي الطاقة الحرة .

الحل: (2013/د2 - التكميلي/ثم عبر عنها كتابة) (2017/د1 - موصل) (2017/د3 - موصل)

1) نحسب E_{cell} من معادلة نيرنست:



الانود $Cd_{(S)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

الكاثود $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)}$

التفاعل العام $Cd_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n}\ ln\frac{[Cd^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$
$$E_{cell} = 0.74 - \frac{0.026}{2}\ ln\frac{0.1}{0.01}$$
$$E_{cell} = 0.74 - 0.013\ ln10$$
$$E_{cell} = 0.74 - 0.013 \times 2.3$$
$$E_{cell} = 0.74 - 0.03 = +0.71V$$

2) نجد ΔG من E_{cell} :

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$
$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0.71 = -137030\ J/mol$$

4-25 احسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي في درجة $25C^o$: (2018/د3)

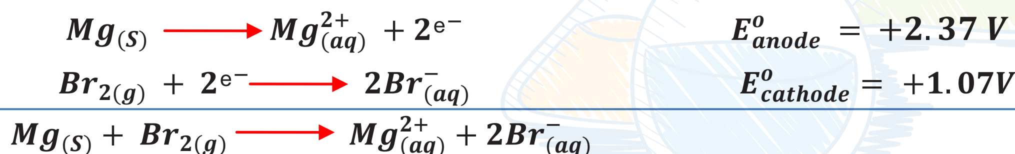


$$Mg\,|\,Mg^{2+}\ (1\ M)\,||\,Br^-(0.1\ M)\,|\,Br_2\ (1atm)\,|\,Pt$$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37$ V و $E^o_{Br_2/Br^-} = +1.07$V

الحل:

1) نجد E^o_{cell} :



$Mg_{(S)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\qquad E^o_{anode} = +2.37\ V$

$Br_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Br^-_{(aq)}$ $\qquad E^o_{cathode} = +1.07V$

$Mg_{(S)} + Br_{2(g)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +2.37 + 1.04 = +3.44V$$



2) نحسب E_{cell} من معادلة نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln[Mg^{2+}][Br^-]^2$$
$$E_{cell} = 3.44 - \frac{0.026}{2} \ln 1 \times (0.1)^2$$
$$E_{cell} = 3.44 - \frac{0.026}{2} \times \ln10^{-2}$$
$$E_{cell} = 3.44 + \frac{0.026}{2} \times 2\ln10$$
$$E_{cell} = 3.44 + 0.026 \times 2.3$$
$$E_{cell} = 3.44 + 0.06$$
$$E_{cell} = 3.50\ V$$

3) نجد ΔG من E_{cell} :

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$
$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 3.50$$
$$\Delta G = -675500\ J/mol$$

26-4 ما مقدار التغير في الطاقة الحرة للخلية التالية في درجة $25C^o$ علماً ان $K_{eq} = 2.3 \times 10^4$ وان التفاعل العام لهذه الخلية: $H_{2(g)} + Pb^{2+}_{(aq)}(0.01\ M)$  $2H^+_{(aq)}(1\ M) + Pb_{(S)}$ $(log2.3 = 0.36)$

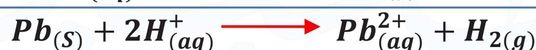
(2د/2017)

الحل:

1) نجد E^o_{cell} من K_{eq} :

الانود: $Pb_{(S)} \longrightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ 

الكاثود: $2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$ 

التفاعل العام: $Pb_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ 

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$$
$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{2} \ln 2.3 \times 10^4$$
$$E^o_{cell} = 0.013 \times 2.3(\log 2.3 + \log 10^4)$$
$$E^o_{cell} = 0.03(0.36 + 4)$$
$$E^o_{cell} = 0.03(4.36)$$
$$E^o_{cell} = 0.13V$$

2) نجد E_{cell} من معادلة نيرنست:



$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln\frac{[Pb^{2+}]}{[H^+]^2}$$
$$E_{cell} = 0.13 - \frac{0.026}{2} \ln\frac{0.01}{1}$$
$$E_{cell} = 0.13 - \frac{0.026}{2} \ln10^{-2}$$
$$E_{cell} = 0.13 + 2\ \frac{0.026}{2} \times 2.3$$
$$E_{cell} = 0.1300 + 0.0598$$
$$E_{cell} = 0.1898\ V$$

3) نجد ΔG من E_{cell} :

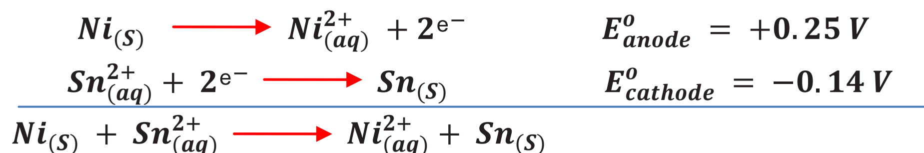
$$\Delta G = -nFE_{cell}$$
$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0.1898 = -36631\ J/mol$$

27-4

خلية فولتائية في درجة $25C^o$ تفاعلها العام : $Sn_{(S)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(S)}$ اذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي يساوي $(0.17V)$ ، احسب تركيز ايونات النيكل Ni^{2+} ، علماً ان قطب القصدير في ظروفه القياسية وجهود الاختزال $E^o_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^o_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$. (2015/د1- التركيز معلوم والمطلوب ΔG) (2017 /د 2- موصل) (2018/د 2)

الحل:

1) نجد E^o_{cell}



$$Ni_{(S)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.25\ V$$

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = -0.14\ V$$

$$Ni_{(S)} + Sn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Sn_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = +0.25 + (-0.14) = +0.11V$$

2) نجد تركيز Ni^{2+} من نيرنست:

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n}\ ln\frac{[Ni^{2+}]}{[Sn^{2+}]}$$

$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{2}\ ln\frac{[Ni^{2+}]}{1}$$

$$0.06 = -0.013\ ln[Ni^{2+}]$$

$$ln[Ni^{2+}] = -\frac{0.060}{0.013}$$

$$ln[Ni^{2+}] = -4.6$$

$$\because \quad \ln 10^{-2} = 4.6$$

$$\therefore \quad ln[Ni^{2+}] = ln10^{-2}$$

$$[Ni^{2+}] = 0.01\ M$$

28-4

للخلية الاتية: $Al\,|\,Al^{3+}(1\ M)\,||\,Cd^{+2}(1\ M)\,|\,Cd$ اذا علمت ان جهد الخلية القياسي يساوي $(1.26\ V)$ وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E^o_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40\ V$. احسب جهد الاختزال القياسي للالمنيوم ؟ (2014/د2)

الحل:

الالمنيوم هو الانود والكادميوم هو الكاثود كما في التعبير اعلاه:

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode}$$

$$1.26 = E^o_{anode} + (-0.40)$$

$$E^o_{anode} = 1.26 + 0.40$$

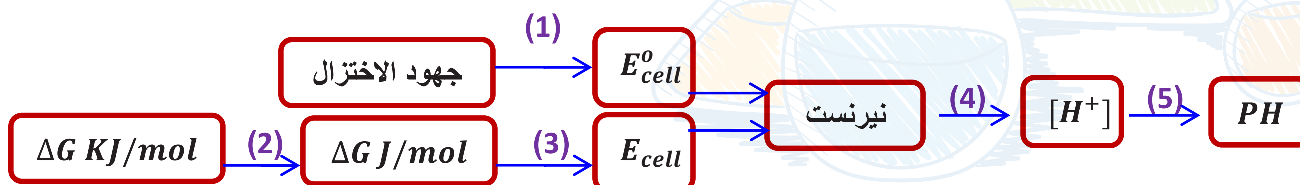
$$E^o_{anode} = +1.66V$$

وهو جهد التأكسد للالمنيوم ، امـــــــــا جهد الاختزال له فيساوي جهد التأكسد ولكن بعكس الاشارة اي $(-1.66V)$.

29-4

خلية كلفانية في درجة $25C^o$ احد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط $1atm$ من غاز الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته فيه $(0.01\ M)$ ، احسب الاس الهيدروجيني (PH) لمحلول قطب الهيدروجين اذا علمت ان مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية $-48.25\ KJ/mol$ ، وان جهد اختزال قطب النيكل القياسي $-0.25\ V$ ؟

(2015/د1-خاص) (2017/د1- $\Delta G = ?$ ، $PH = 2$) (2018 /تمهيدي) (2018/د1) (2019/ت- $\Delta G = ?$ ، $PH = 1$)



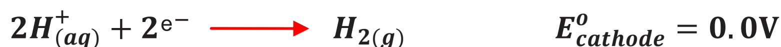


الحل:

1) الانود هو النيكل لانه الاقل والهيدروجين هو الكاثود لانه الاكبر قيمة لجهد الاختزال :



$$Ni_{(S)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.25\ V$$



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} \qquad E^o_{cathode} = 0.0V$$



$$Ni_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.25 + 0.0 = +0.25V$$

2)

$$\Delta G\ J/mol = \Delta G\ KJ/mol \times \frac{1000J}{1KJ}$$

$$\Delta G\ J/mol = -48.25\ KJ/mol \times \frac{1000J}{1KJ}$$

$$\Delta G\ J/mol = -48250\ J/mol$$

3)

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$

$$-48250 = -2 \times 96500 \times E_{cell}$$

$$E_{cell} = 0.25\ V$$

4)

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} ln\frac{[Ni^{2+}]}{[H^+]^2}$$

$$0.25 = 0.25 - \frac{0.026}{2} ln\frac{0.01}{[H^+]^2}$$

$$0 = -0.013\ ln\frac{0.01}{[H^+]^2}$$

$$ln\frac{0.01}{[H^+]^2} = 0$$

$$\because\ ln1 = 0$$

$$\therefore\ ln\frac{0.01}{[H^+]^2} = ln1$$

$$\frac{0.01}{[H^+]^2} = 1$$

$$[H^+]^2 = 0.01$$

$$[H^+] = 0.1\ M$$



5)

$$PH = -log[H^+] = -log\ 10^{-1} = 1$$

30-4

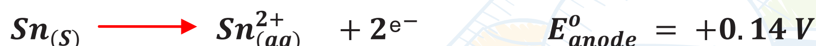


اذا علمت ان جهد الخلية الاتية: $Sn | Sn^{2+}(?\ M) || Ag^+(1\ M) | Ag$

عند درجة $25C^o$ يساوي 0.9992 فولت . جد تركيز ايونات القصدير (Sn^{2+}) في محلول القطب علماً ان قطب الفضة في ظروفه القياسية وجهود الاختزال القياسية $E^o_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^o_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$.

الحل:

1) نجد E^o_{cell}



$$Sn_{(S)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.14\ V$$



$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +0.80\ V$$



$$Sn_{(S)} + 2Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.14 + 0.80 = +0.94\ V$$

2) نجد تركيز ايون القصدير Sn^{2+} من نيرنست:

$$E_{cell} = E^{o}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ ln \frac{[Sn^{2+}]}{[Ag^{+}]^{2}}$$

$$0.9992 = 0.94 - \frac{0.026}{2} \ ln \frac{[Sn^{2+}]}{(1)^{2}}$$

$$0.9992 - 0.9400 = -0.013 \ ln[Sn^{2+}]$$

$$0.0592 = -0.013 \ ln[Sn^{2+}]$$

$$ln[Sn^{2+}] = -\frac{0.0592}{0.0130}$$

$$ln[Sn^{2+}] = -4.6$$

$$\because \ ln \ 10^{-2} = -4.6$$

$$\therefore \ ln[Sn^{2+}] = ln \ 10^{-2}$$

$$[Sn^{2+}] = 0.01 \ M$$

31-4

امرر تيار كهربائي شدته $10A$ خلال $965 \ S$ في خلية تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علماً ان الكتلة الذرية للنحاس = 63 ؟ (2014 / تمهيدي) (2015/د1) (2018 / تمهيدي) (2018/د2)

الحل:

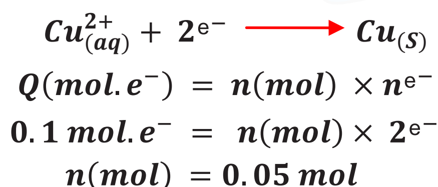
1) نجد $Q(mo.e^{-})$:

$$Q(mol.e^{-}) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^{-})}$$

$$Q(mol.e^{-}) = \frac{10 \times 965}{96500(C/mol.e^{-})}$$

$$Q(mol.e^{-}) = 0.1 \ mol.e^{-}$$

2) نجد عدد مولات النحاس المترسبة من $Q(mol.e^{-})$:



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(S)}$$

$$Q(mol.e^{-}) = n(mol) \times ne^{-}$$

$$0.1 \ mol.e^{-} = n(mol) \times 2e^{-}$$

$$n(mol) = 0.05 \ mol$$

3) نجد وزن النحاس المترسب:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$0.05 \ mol = \frac{m(g)}{63(g/mol)}$$

$$m(g) = 3.15g$$

4) نجد عدد ذرات النحاس المترسبة:

$$n(mol) = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{\text{عدد افوغادرو } N_A}$$

$$0.05 \ mol = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$\text{عدد الذرات المترسبة} = 3 \times 10^{22} atoms$$





32-4

يترسب $0.648g$ من احد الفلزات احادي التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته $3A$ لمدة $3min$ و $13\ S$ في محلول احد الاملاح لذلك الفلز . احسب الكتلة الذرية للفلز المترسب ؟

الحل:

1) نحول الزمن الى الثانية S لنجد الزمن الكلي :

$$t(S) = 13\ S + 3\ min \times \frac{60\ S}{1\ min} = 13\ S + 180\ S = 193\ S$$

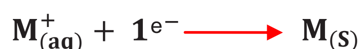
2) نجد $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$Q(mol.e^-) = \frac{3A \times 193\ S}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.006\ mol.e^-$$

3) نجد عدد مولات الفلز المترسبة من $Q(mol.e^-)$:



$$M^+_{(aq)} + 1e^- \longrightarrow M_{(S)}$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^-$$

$$0.006\ mol.e^- = n(mol) \times 1e^-$$

$$n(mol) = 0.006\ mol$$

4) نجد الكتلة الذرية للفلزمن عدد المولات:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$0.006\ mol = \frac{0.648(g)}{M(g/mol)}$$

$$M(g/mol) = \frac{0.648\ g}{0.006\ mol} = 108\ g/mol$$

33-4

احسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الاوكسجين في STP (معلومة: الحجم المولي لاي غاز عند STP يساوي $22.4L$) ؟ (2015 /د 2 - خ ق- نصف الحجم المولي) (2014/د3) (تمهيدي 2017) (2019 /ت)

الحل:

1) نحسب عدد مولات غاز O_2 المتحررة:

$$n(mol) = \frac{V(L) \times 1(mol)}{22.4\ (L)}$$

$$n(mol) = \frac{2 \times 22.4\ (L) \times 1(mol)}{22.4\ (L)}$$

$$n(mol) = 2mol$$

2) نحسب $Q(mol.e^-)$:



$$2O^{-2} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^-$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^-$$

$$Q(mol.e^-) = 2mol \times 4e^-$$

$$Q(mol.e^-) = 8\ mol.e^-$$

3) نحسب عدد e^- المارة :

$$Q(mol.e^-) = \frac{\text{عدد } e^- \text{ المارة}}{N_A \text{ عدد افوغادرو}}$$

$$8\ mol.e^- = \frac{\text{عدد } e^- \text{ المارة}}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$\text{عدد } e^- \text{ المارة} = 8\ mol.e^- \times 6.023 \times 10^{23}\ \frac{electron}{mol.e^-}$$

$$\text{عدد } e^- \text{ المارة} = 48.18 \times 10^{23}\ electron$$

34-4

احسب شدة التيار اللازم امراره لمدة $2hr$ و $520\ S$ في خلية تحليل الماء كهربائياً لكي يحرر 36.12×10^{21} جزيئة من الهيدروجين والاوكسجين على قطبي الخلية ؟ (2015/د1- خاص) (2019/د1- 18.06×10^{21} جزيئة)

الحل:

نجد شدة التيار من $Q(mol.e^-)$ بعد ايجادها من عدد جزيئات احد الغازات المتحررة (O_2 او H_2) وكتابة المعادلة وكالاتي:

1) كتابة معادلة تحليل الماء الى عناصره:



$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

2) الفرضية:

نفرض عدد جزيئات غاز $O_2 = x$
نفرض عدد جزيئات غاز $H_2 = 2x$

لان عدد جزيئات غاز H_2 ضعف عدد جزيئات غاز O_2 كما في المعادلة

3) نجد عدد جزيئات كل غاز:

عدد جزيئات غاز الهيدروجين والاوكسجين $= 36.12 \times 10^{21}$

$$x + 2x = 36.12 \times 10^{21}$$
$$3x = 36.12 \times 10^{21}$$
$$x = 12.04 \times 10^{21}\ molecules$$ (وهو عدد جزيئات غاز O_2 المتحررة)
$$2x = 2(12.04 \times 10^{21}) = 24.08 \times 10^{21}\ molecules$$ (وهو عدد جزيئات غاز H_2 المتحررة)

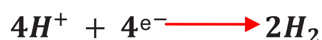
4) نجد عدد مولات غاز O_2 المتحررة (او مولات H_2):

$$n(mol) = \frac{\text{عدد الجزيئات المتحررة}}{\text{عدد افوغادرو } N_A}$$
$$n(mol) = \frac{12.04 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}}$$
$$n(mol) = 0.02\ mol$$

5) نجد $Q(mol.e^-)$ من مولات O_2:



الانود: $2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$



الكاثود: $4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2$



التفاعل العام: $2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_2 + O_2$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^-$$
$$Q(mol.e^-) = 0.02mol \times 4e^-$$
$$Q(mol.e^-) = 0.08\ mol.e^-$$

6) نجد الزمن الكلي بـ(S):

$$t(S) = 2\ hr \times \frac{3600(S)}{1(hr)} + 520\ S = 3600\ S$$
$$t(S) = 7200S + 520\ S = 7720\ S$$

7) نجد التيار $I(A)$ من $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$
$$0.08\ mol.e^- = \frac{I(A) \times 7720(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$
$$I(A) = 1\ A$$

انقر الباركود لفهم الموضوع اكثر





35-4 اراد احد الصاغة طلاء خاتم بالذهب فأمرر تيار كهربائي شدته $10\ A$ في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على احد املاح الذهب فترسب الذهب على الخاتم ، لوحظ انه خلال $9.65\ S$ ان 75% من الكهربائية قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب ، الكتلة الذرية للذهب = 197 . (د3/2016)

الحل:

1) نجد التيار المستهلك فعلاً في عملية الترسيب:

$$I(A) = 10\ A \times \frac{75}{100} = 7.5\ A$$

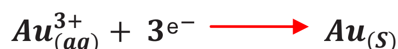
2) نحسب $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$Q(mol.e^-) = \frac{7.5\ A \times 9.65\ S}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$Q(mol.e^-) = 7.5 \times 10^{-4}\ mol.e^-$$

3) نجد عدد مولات الذهب المترسبة من $Q(mol.e^-)$:



$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(S)}$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^-$$

$$7.5 \times 10^{-4}\ mol.e^- = n(mol) \times 3e^-$$

$$n(mol) = 2.5 \times 10^{-4}\ mol$$

4) نجد كتلة الذهب المترسب:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$2.5 \times 10^{-4}\ mol = \frac{m(g)}{197(g/mol)}$$

$$m(g) = 2.5 \times 10^{-4} \times 197 = 0.05\ g$$

ملاحظة: كمية الكهربائية المستخدمة هي 75% بحيث يمكن اما تحويل التيار $I(A)$ او $Q(mol.e^-)$ والناتج نفسه .....

36-4 عند امرار $0.2\ mol.e^-$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر $0.448\ L$ من الهيدروجين في STP . احسب كتلة النحاس المترسبة ؟ الكتلة الذرية للنحاس = 63 . (د2/2013) (2016 /تمهيدي)

الحل:

فكرة السؤال: كمية الكهربائية المارة (الكلية) ادت الى ترسيب جميع النحاس والى تحرر غاز الهيدروجين ، ولايمكن معرفة كمية الكهربائية التي استخدمت لترسيب النحاس الا بعد ايجاد او معرفة كمية الكهربائية التي استخدمت لتحرر غاز الهيدروجين وكالاتي:

1) نجد $Q(mol.e^-)$ المستخدمة في تحرر غاز H_2 :

- $$n(mol) = \frac{V(L) \times 1(mol)}{22.4\ (L)} = \frac{0.448\ L \times 1(mol)}{22.4\ (L)} = 0.02\ mol$$
- $$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$



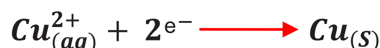
$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^- = 0.02\ mol \times 2e^- = 0.04\ mol.e^-$$

2) نجد $Q(mol.e^-)$ المستخدمة في ترسيب النحاس:

$Q(mol.e^-)$ للنحاس = $Q(mol.e^-)$ الكلية − $Q(mol.e^-)$ للهيدروجين

$Q(mol.e^-)$ للنحاس = $0.2\ mol.e^- - 0.04\ mol.e^- = 0.16\ mol.e^-$

3) نجد عدد مولات النحاس المترسبة:



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)}$$

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times ne^-$$

$$0.16\ mol.e^- = n(mol) \times 2e^- \Rightarrow n(mol) = 0.08 mol$$

4) نجد كتلة النحاس المترسبة:

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

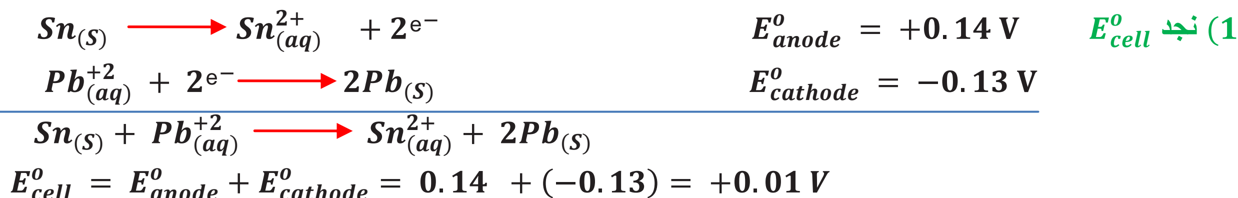
$$0.08mol = \frac{m(g)}{63(g/mol)} \Rightarrow m(g) = 5.04\ g$$

37-4 احسب ثابت الاتزان للتفاعل الاتي: $Sn_{(S)} + Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + Pb_{(S)}$

علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^o_{Pb^{2+}/Pb} = -0.13\ V$

الحل:

1) نجد E^o_{cell}



$E^o_{anode} = +0.14\ V$ $\quad Sn_{(S)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

$E^o_{cathode} = -0.13\ V$ $\quad Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Pb_{(S)}$

$Sn_{(S)} + Pb^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Pb_{(S)}$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.14 + (-0.13) = +0.01\ V$$

2) نجد K_{eq} من E^o_{cell} :

$$E^o_{cell} = \frac{0.026}{n} lnK_{eq} \quad \Rightarrow \quad 0.01 = \frac{0.026}{2}\ lnK_{eq}$$

$$lnK_{eq} = \frac{0.010}{0.013} \quad \Rightarrow \quad lnK_{eq} = 0.77$$

$$\because\ ln2.16 = 0.77$$

$$\therefore\ lnK_{eq} = ln2.16 \quad \Rightarrow \quad K_{eq} = 2.16$$

38-4 في خلية تحليل الماء كهربائياً في STP امرر تيار كهربائي فيها لمدة 3 دقائق و 13 ثانية فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية ، وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين يساوي $0.0672\ L$ ، اكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها ، ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار . (2016/د2) (2017/د1) (2017 /د 1- خارج القطر)

الحل:

1) كتابة المعادلات:



الانود $\quad 2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

الكاثود $\quad 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2$

التفاعل العام $\quad 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_2 + O_2$

2) ايجاد حجم غاز H_2 و O_2 :

نفرض حجم غاز $O_2 = x$

نفرض حجم غاز $H_2 = 2x$

لان حجم غاز H_2 المتحرر ضعف حجم غاز O_2 كما في المعادلة

الحجم الكلي $= 0.0672\ L$

$$V_{O_2} + V_{H_2} = 0.0672\ L$$

$$x + 2x = 0.0672\ L$$

$$3x = 0.0672\ L \quad \Rightarrow \quad x = 0.0224\ L$$

$$\therefore\ V_{O_2} = 0.0224\ L \qquad \therefore\ V_{H_2} = 0.0448\ L$$

3) نجد عدد مولات غاز O_2 المتحررة:

$$n(mol) = \frac{V(L) \times 1(mol)}{22.4\ (L)} = \frac{0.0224\ L \times 1(mol)}{22.4\ (L)} = 0.001mol$$

4) نجد $Q(mol.e^-)$:

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times n e^- = 0.001\ mol \times 4e^- = 0.004\ mol.e^-$$

5) نجد التيار $I(A)$ من $Q(mol.e^-)$:

$$t(S) = 3\ min \times \frac{60\ S}{1\ min} + 13\ S = 13\ S + 180\ S = 193\ S$$

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500(C/mol.e^-)} \quad \Rightarrow \quad 0.004\ mol.e^- = \frac{I(A) \times 193\ S}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$I(A) = 2\ A$$

39-4

خفف محلول قطب الكاثود لخلية دانيال القياسي بالماء المقطر فأنخفض جهد القطب بمقدار **0.0592 V** عن جهده القياسي . احسب تركيز ايونات القطب حينئذ . (1د/2019)

الحل:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(S)}$$

$$E_{Cu} = E^o_{Cu} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{1}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{Cu} - E^o_{Cu} = -\frac{0.026}{n} \ln \frac{1}{[Cu^{2+}]}$$

$$-0.0592 = -0.013 \ln \frac{1}{[Cu^{2+}]}$$

$$\ln \frac{1}{[Cu^{2+}]} = \frac{-0.0592}{-0.013}$$

$$\ln \frac{1}{[Cu^{2+}]} = 4.6$$

$$\because \ln 10^2 = 4.6$$

$$\therefore \ln \frac{1}{[Cu^{2+}]} = \ln 10^2$$

$$\frac{1}{[Cu^{2+}]} = 10^2 \quad \Rightarrow \quad [Cu^{2+}] = 0.01 \text{ M}$$

ملاحظات:

1) قطب الكاثود في خلية دانيال هو قطب النحاس .
2) نستخدم معادلة نيرنست للقطب الواحد كما هو في سؤال 14 و 21 .
3) انخفاض الجهد بالتخفيف يعني $E_{Cu} < E^o_{Cu}$ وان الفرق بينهما له قيمة سالبة .

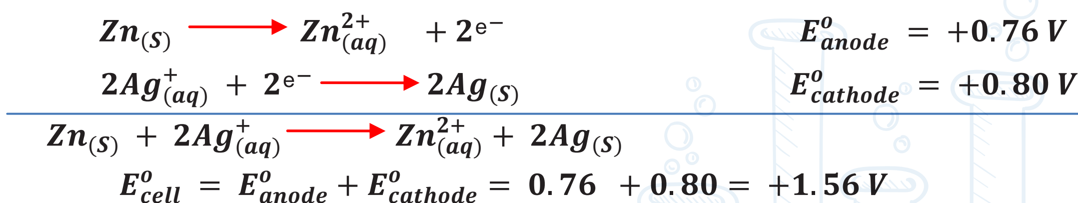
40-4

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لـ $E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$ و $E^o_{Ag^+/Ag} = 0.8\ V$ اجب عن ما يأتي:

1) ماذا نتوقع اذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحي من الخارصين والفضة في محاليل من الكتروليتاتهم تركيز كل منهما 1 M ، اي من اللوحين تقل كتلته وأيَّ منه سوف تزداد كتلته ولماذا ؟
2) ما قيمة الطاقة الحرة لخلية فولتائية متكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة في محلول ايونات الفضة تركيزه 0.1 M (2د/2016)

الحل:

1) الخارصين الانود هو والفضة هو الكاثود :



$$Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^o_{anode} = +0.76\ V$$

$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(S)} \qquad E^o_{cathode} = +0.80\ V$$

$$Zn_{(S)} + 2Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

$$E^o_{cell} = E^o_{anode} + E^o_{cathode} = 0.76 + 0.80 = +1.56\ V$$

لوح الخارصين (الانود) تقل كتلته لانه ذوبان و لوح الفضة (الكاثود) تزداد كتلته لانه ترسيب .

2)

$$E_{cell} = E^o_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[Ag^+]^2} \quad \Rightarrow \quad E_{cell} = 1.56 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{1}{(0.1)^2}$$

$$E_{cell} = 1.56 - \frac{0.026}{2} \ln 10^2 \quad \Rightarrow \quad E_{cell} = 1.56 - 0.026 \times 2.3$$

$$E_{cell} = 1.56 - 0.0598 = 1.5\ V$$

$$\Delta G = -nFE_{cell} = -2 \times 96500 \times 1.5 = -289500\ J/mol$$

مســـــائل وزاريـــــة خارجية:

سؤال وزاري (2013/د1):

هل يمكن حفظ محلول نترات الكوبلت $Co(NO_3)_2$ في اناء مصنوع من الخارصين ام النحاس ؟ مع بيان السبب اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية كالاتي: $(E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V)$ و $(E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V)$ و $(E^o_{Co^{+}/Co} = -0.28\ V)$

ج/ النحاس

سؤال وزاري (2014/د2-خاص):

عند امرار واحد فراداي في محلول Al^{3+} فأن وزن الالمنيوم المترسب على الكاثود يساوي .... اذا علمت ان الوزن الذري للالمنيوم هو $27\ g/mol$.

ج/ $9\ g$

سؤال وزاري (2014/د3):

هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من الالمنيوم ام لايمكن ذلك ؟ بين ذلك مع ذكر السبب ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$ و $E^o_{Al^{3+}/Al} = -1.66V$.

ج/ لايمكن الحفظ

سؤال وزاري (2014/د3):

ما هي شدة التيار الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة $180\ S$ ليرسب $2g$ من الذهب عند الكاثود ؟ الكتلة الذرية للذهب 197 .

ج/ $16\ A$

سؤال وزاري (2016/د3):

هل يمكن حفظ محلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$ في اناء من النيكل ام لايمكن ذلك ؟ بين ذلك مع ذكر السبب ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^o_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$ و $E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$.

ج/ يمكن الحفظ

سؤال وزاري (2016/د3):

محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ تركيزه 0.3 M وحجمه $500ml$ ، امرر تيار كهربائي شدته $96.5A$ احسب الزمن اللازم لكي يتبقى $0.03\ mol$ من ايون النحاس .

ج/ 240 S

سؤال وزاري (تمهيدي 2017):

احسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي في درجة $25C^o$:

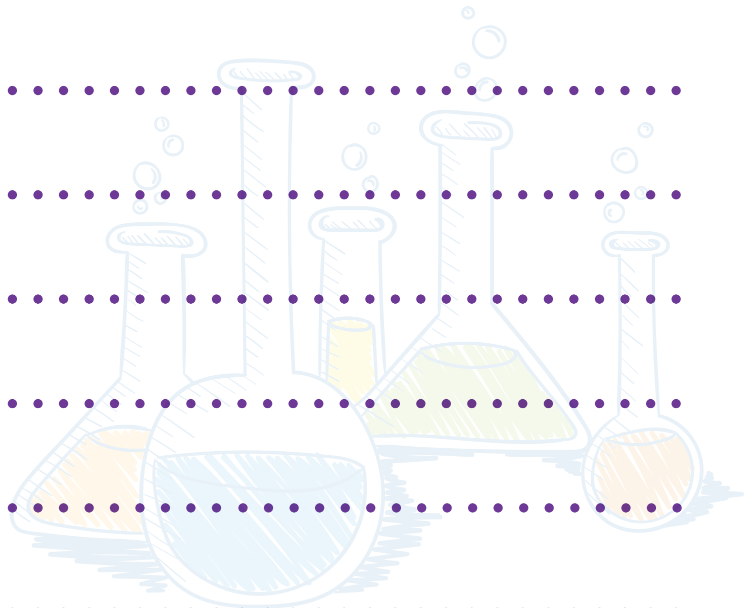


$$Cd\,|\,Cd^{2+}\ (0.2\ M)\,||\,Cu^{+2}(0.1\ M)\,|\,Cu$$

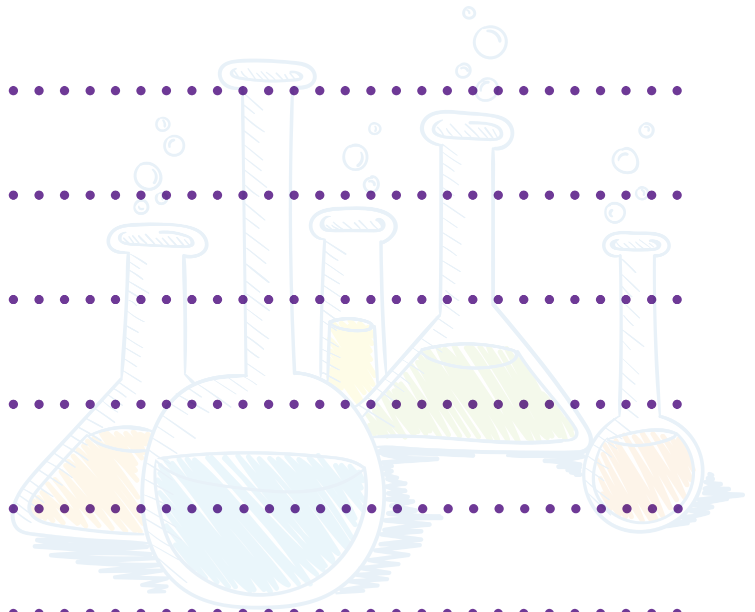
اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لـ $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34\ V$ و $E^o_{Cd^{2+}/Cd} = -0.4\ V$ $\quad log2 = 0.3$

ج// $-141083\ J/mol$

ملاحظات الطالب:



ملاحظات الطالب:







تمت بعون الله

مع تمنياتنا لكم بالنجاح والتوفيق

مع تحيات الاستاذ :

حبيب الجنابي

رقم الهاتف : 07725746075

و مكتب الطابعي



اشترك بقناة الطابعي على المعرف
@altabaay5
أو التقط هذا الباركود



اشترك بصفحة الطابعي على فيس بوك
مكتب الطابعي-Al-Tabaay office
أو التقط هذا الباركود



Al
I = U/R
H_2O
Mg
$E=mc^2$



المركز الرئيسي
شارع الرشيد
مدخل مقهى الزهاوي
07730220086





الطابعي





1241
1 1241